

ION BEAM PROCESSING METHOD AND PROCESSING DEVICE

Publication number: JP2003197144

Publication date: 2003-07-11

Inventor: TSUKIHARA MITSUKUNI; AMANO YOSHITAKA;
KABASAWA MITSUAKI; SUGITANI MICHIO;
MUROOKA HIROKI; MATSUSHITA HIROSHI

Applicant: SUMITOMO EATON NOVA

Classification:




- international: **H01J37/30; H01J37/317; H01J37/30; H01J37/317;**
(IPC1-7): H01J37/317; C23C14/48; H01J37/147;
H01J49/30; H01L21/265

- european: H01J37/30A4; H01J37/317A

Application number: JP20010397817 20011227

Priority number(s): JP20010397817 20011227

Also published as:

 US6797968 (B2)
 US2003122090 (A)
 GB2389228 (A)

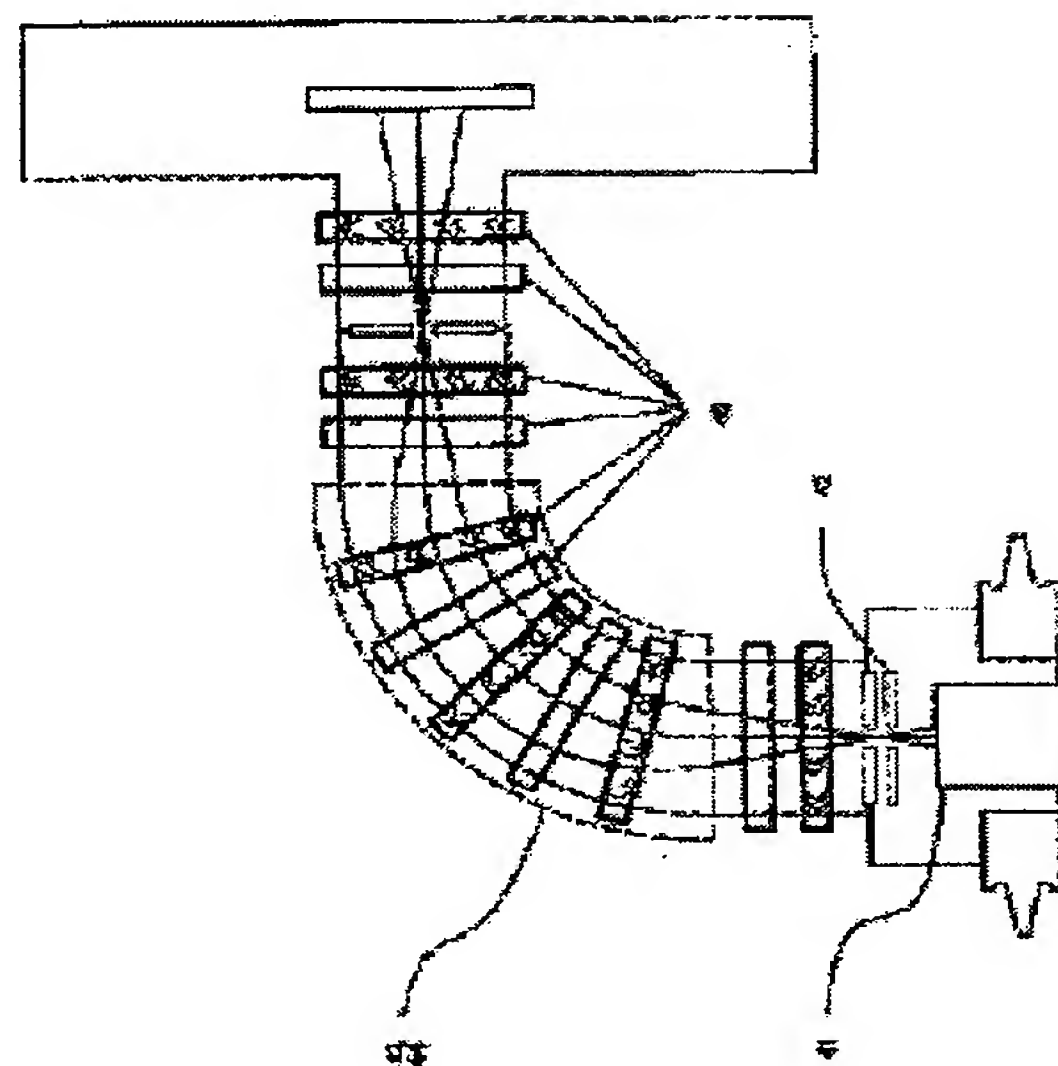
[Report a data error here](#)

Abstract of JP2003197144

PROBLEM TO BE SOLVED: To facilitate increase of an ion beam current particularly in a low-energy region, in an ion implantation device for implanting ions into a substrate such as a silicon wafer.

SOLUTION: This ion beam processing device is so structured that ions extracted from an ion source through an extraction electrode are subjected to mass spectrometry by a mass spectrometry magnet and a mass spectrometry slit; the ions are implanted into the substrate by transporting them as they are, or by accelerating or decelerating them; and by continuously installing a magnet device for forming a continuous cusp field in an ion beam line continued from the front part of the mass spectrometry magnet through the inside thereof to the rear part thereof, the ion beam is confined in the continuous field.

COPYRIGHT: (C)2003, JPO



41 イオンソース、42 抽出電極、43 質量分析装置の磁石、44 分離電極の磁石、45 分離電極の電圧を制御する電源、46 イオンビームを加速または減速させるための電圧を制御する電源、47 連続的なくさくさ場を形成するための磁石、48 連続的なくさくさ場を形成するための電圧を制御する電源

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2 0 0 3 - 1 9 7 1 4 4

(P 2 0 0 3 - 1 9 7 1 4 4 A)

(43) 公開日 平成15年7月11日 (2003. 7. 11)

(51) Int. Cl. ⁷		識別記号		F I		テーマコード* (参考)	
H 0 1 J	37/317			H 0 1 J	37/317	Z	4K029
C 2 3 C	14/48			C 2 3 C	14/48	Z	5C034
H 0 1 J	37/147			H 0 1 J	37/147	D	5C038
	49/30				49/30		
H 0 1 L	21/265	6 0 3		H 0 1 L	21/265	6 0 3	B
審査請求	未請求	請求項の数 4 6	OL				(全 3 1 頁)

(21) 出願番号 特願2001-397817 (P2001-397817)

(22) 出願日 平成13年12月27日 (2001. 12. 27)

(71) 出願人 000183196

住友イートンノバ株式会社

東京都世田谷区用賀四丁目10番1号

(72) 発明者 月原 光国

愛媛県東予市今在家1501番地 住友イートンノバ株式会社愛媛事業所内

(72) 発明者 天野 吉隆

愛媛県東予市今在家1501番地 住友イートンノバ株式会社愛媛事業所内

(74) 代理人 100071272

弁理士 後藤 洋介 (外1名)

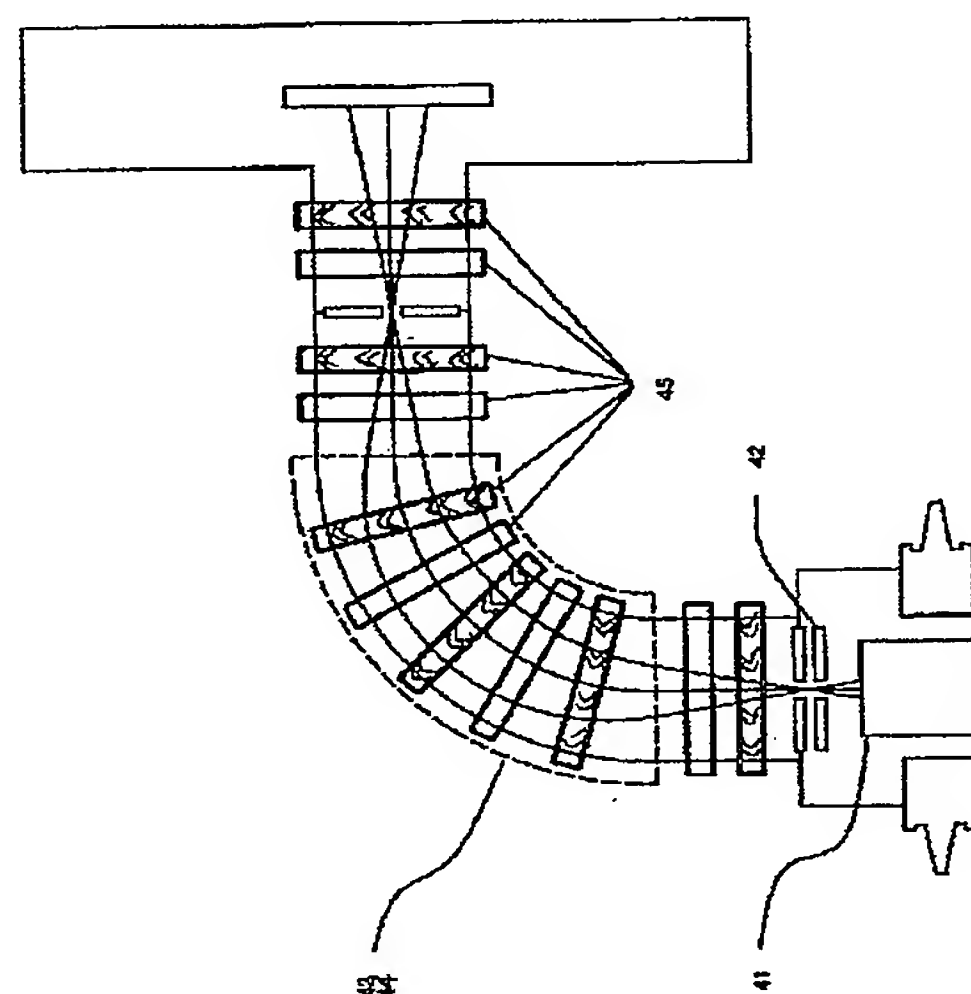
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 イオンビーム処理方法及び処理装置

(57) 【要約】

【課題】 シリコンウェハー等の基板にイオンを注入するためのイオン注入装置において、特に低エネルギー領域のイオンビーム電流の増加を容易にする。

【解決手段】 イオン源から引出電極を経て引き出されたイオンを、質量分析磁石と質量分析スリットにて質量分析し、そのままイオンを輸送するか、あるいは加速又は減速を行って基板にイオンを注入するとともに、前記質量分析磁石の前方部分から前記質量分析磁石内を経て質量分析磁石の後方部分に至る連続したイオンビームラインに、連続したカスプ磁場を形成する磁石装置を連続して設けることにより、イオンビームの連続磁場閉じ込めを行なうよう構成した。



分析磁石の境界と平行にイオンビームに沿ってビームラインを切った断面
41 イオンソース、42 引出電極、43 質量分析磁石の磁極、44 分析磁石の境界の断面
45 カスプ磁場用磁石(カスプ磁石)

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 イオン源から引出電極を経て引き出されたイオンを、質量分析磁石と質量分析スリットにて質量分析し、そのままイオンを輸送するか、あるいは加速又は減速を行って基板にイオンを注入するとともに、前記質量分析磁石の前方部分から該質量分析磁石内を経て該質量分析磁石の後方部分に至る連続したイオンビームラインに、連続したカスプ磁場を形成する磁石装置を連続して設けることにより、イオンビームの連続磁場閉じ込めを行なうよう構成したことを特徴とするイオンビーム処理方法。

【請求項 2】 請求項 1 において、前記連続したカスプ磁場は、均一な磁界強度となるよう構成したイオンビーム処理方法。

【請求項 3】 請求項 1 において、前記連続したカスプ磁場は、イオンビームラインの各区間に応じて磁界強度が異なるよう構成したイオンビーム処理方法。

【請求項 4】 イオン源から引出電極を経て引き出されたイオンを、質量分析磁石と質量分析スリットにて質量分析し、そのままイオンを輸送するか、あるいは加速又は減速を行って基板にイオンを注入するイオン注入装置において、前記引出電極の付近から、前記質量分析磁石内と前記質量分析スリットを通過して前記基板付近までのイオンビームラインに、連続したカスプ磁場を形成してイオンビームの連続磁場閉じ込めを行なうよう構成したことを特徴とするイオンビーム処理方法。

【請求項 5】 イオン源から引出電極を経て引き出されたイオンを、質量分析磁石と質量分析スリットにて質量分析し、そのままイオンを輸送するか、あるいは加速又は減速を行って基板にイオンを注入するとともに、前記質量分析磁石の前方部分から該質量分析磁石内を経て該質量分析磁石の後方部分に至る連続したイオンビームラインに、連続した第一カスプ磁場を形成する磁石装置を連続して設けることにより、イオンビームの連続閉じ込めを行なうとともに、前記連続したカスプ磁場を均一な磁界強度となるよう構成し、前記質量分析磁石の後方部分と基板処理室との間のイオンビームラインに前記第一カスプ磁場とは磁界強度の異なる第二カスプ磁場を連続して設けることにより、イオンビームラインのほぼ全体の連続カスプ磁場閉じ込めを行なうことを特徴とするイオンビーム処理方法。

【請求項 6】 請求項 5 において、前記第一カスプ磁場と前記第二カスプ磁場のカスプ磁極の間隔もしくは磁束密度を同じとしたイオンビーム処理方法。

【請求項 7】 請求項 5 において、前記第一カスプ磁場と前記第二カスプ磁場のカスプ磁極の間隔もしくは磁束密度を異なるよう構成したイオンビーム処理方法。

【請求項 8】 イオン源から処理室に至るビームライン真空容器を有するイオンビーム処理装置において、

イオンビームを前記ビームライン真空容器の内部を通して、前記イオン源から前記処理室に至るイオンビームラインを構成し、前記ビームライン真空容器の一部区間の外側に質量分析磁石を配設するとともに、該質量分析磁石の磁極端面の有効磁力作用領域をイオンビームライン内の一部区間に設けるよう構成し、前記イオンビームラインにおける質量分析磁石の前記有効磁力作用領域のビームライン真空容器の内部に、連続したカスプ磁場を形成することによりイオンビームを閉じ込めるイオンビーム処理方法。

【請求項 9】 イオン源から処理室に至るビームライン真空容器を有するイオンビーム処理装置において、イオンビームを前記ビームライン真空容器の内部を通して、前記イオン源から前記処理室に至るイオンビームラインを構成し、前記ビームライン真空容器の一部区間の外側に質量分析磁石を配設するとともに、該質量分析磁石の磁極端面の有効磁力作用領域をイオンビームライン内の一部区間に設けるよう構成し、前記有効磁力作用領域手前のイオンビームライン上流側となる前記質量分析磁石の前方部分から前記質量分析磁石内の磁極端面の有効磁力作用領域を経て質量分析磁石の前記有効磁力作用領域外のイオンビームラインの後方部分までのイオンビームラインの連続したビームライン真空容器の内部に、連続したカスプ磁場を形成することによりイオンビームを閉じ込めるイオンビーム処理方法。

【請求項 10】 イオン源から処理室に至るビームライン真空容器を有するイオンビーム処理装置において、イオンビームを前記ビームライン真空容器の内部を通して、前記イオン源から前記処理室に至るイオンビームラインを構成し、前記ビームライン真空容器の一部区間に外側から質量分析磁石を配設するとともに、該質量分析磁石の磁極端面の有効磁力作用領域をイオンビームライン内の一部区間に設けるよう構成し、前記有効磁力作用領域手前のイオンビームライン上流側となる前記質量分析磁石の前方部分から前記質量分析磁石内の磁極端面の有効磁力作用領域を経て質量分析磁石の前記有効磁力作用領域外のイオンビームラインの後方部分までのイオンビームラインの連続したビームライン真空容器の内部に、連続したカスプ磁場を形成するための磁石装置をビームライン真空容器の容器壁部に配置することにより、連続したカスプ磁場を形成することを特徴とするイオンビーム処理装置におけるイオンビームを閉じ込めるイオンビーム処理方法。

【請求項 11】 請求項 8 から 10 のいずれか 1 つにおいて、前記連続したカスプ磁場は、ビームライン真空容器に対向する複数のカスプ磁場ユニットを設けることにより構成したイオンビーム処理方法。

【請求項 12】 イオン源から処理室に至るビームライン真空容器を有するイオンビーム処理装置において、イオンビームを前記ビームライン真空容器の内部を通し

10

20

30

40

50

て前記イオン源から前記処理室に至るイオンビームラインを構成し、前記ビームライン真空容器の一部区間に外側から質量分析磁石を配設するとともに、該質量分析磁石の磁極体面の有効磁力作用領域をイオンビームラインの一部区間に設けるよう構成し、イオンビームラインの連続したビームライン真空容器部分に、連続したカスプ磁場を形成してイオンビームを閉じ込めるための連続したカスプ磁場を形成する磁石装置を配置したことを特徴とするイオンビーム処理装置。

【請求項 13】 イオン源から処理室に至るイオンビーム真空容器を有するイオンビーム処理装置において、イオンビームを前記ビームライン真空容器の内部を通して前記イオン源から前記処理室に至るイオンビームラインを構成し、前記ビームライン真空容器の一部区間に外側から質量分析磁石を配設するとともに、該質量分析磁石の磁極体面の有効磁力作用領域をイオンビームラインの一部区間に設けるよう構成し、前記有効磁力作用領域手前のイオンビームライン上流側となる前記質量分析磁石の前方部分から前記質量分析磁石内の磁極体面の有効磁力作用領域を経て質量分析磁石の前記有効磁力作用領域外のイオンビームラインの後方部分までのイオンビームラインの連続したビームライン真空容器の部分に、連続したカスプ磁場を形成してイオンビームを閉じ込めるための連続したカスプ磁場を形成する磁石装置を配置したことを特徴とするイオンビーム処理装置。

【請求項 14】 請求項 12 または 13 において、前記ビームライン真空容器の内壁と前記質量分析磁石内の磁極体面との間の区間にある前記ビームライン真空容器の内壁に直接、一定間隔をおいて前記連続したカスプ磁場形成用の磁石体を複数固定保持したことを特徴とするイオンビーム処理装置。

【請求項 15】 請求項 12 または 13 において、前記ビームライン真空容器の内壁と前記質量分析磁石内の磁極体面との間の区間にある前記ビームライン真空容器の外壁に直接、一定間隔をおいて前記連続したカスプ磁場形成用の磁石体を複数固定保持したことを特徴とするイオンビーム処理装置。

【請求項 16】 請求項 12 または 13 において、前記ビームライン真空容器の内壁と前記質量分析磁石内の磁極体面との間の区間にある前記ビームライン真空容器の内部に、一定間隔をおいて前記連続したカスプ磁場形成用の磁石体を複数固定保持したことを特徴とするイオンビーム処理装置。

【請求項 17】 請求項 12 または 13 において、前記ビームライン真空容器の内壁と前記質量分析磁石内の磁極体面との間の区間にある前記磁極体面の外壁に直接、一定間隔をおいて前記連続したカスプ磁場形成用の磁石体を複数固定保持したことを特徴とするイオンビーム処理装置。

【請求項 18】 請求項 12 または 13 において、前記

ビームライン真空容器の内壁と前記質量分析磁石内の磁極体面との間の区間にある前記磁極体面の内側に、一定間隔をおいて前記連続したカスプ磁場形成用の磁石体を複数固定保持したことを特徴とするイオンビーム処理装置。

【請求項 19】 イオン源から処理室に至るビームライン真空容器を有するイオンビーム処理装置において、イオンビームを前記ビームライン真空容器の内部を通して前記イオン源から前記処理室に至るイオンビームラインを構成し、前記イオンビームラインを構成するビームライン真空容器のイオンビームラインと直交する断面形状を多角形状または円形状となるパイプ状とし、前記イオンビームラインを構成するビームライン真空容器の一部区間または全部区間において、前記パイプ状となるビームライン真空容器の内側壁を薄肉状となるよう構成するとともに該内側壁の外側に補強部材を配置したイオンビーム処理装置。

【請求項 20】 イオン源から処理室に至るビームライン真空容器を有するイオンビーム処理装置において、イオンビームを前記ビームライン真空容器の内部を通して前記イオン源から前記処理室に至るイオンビームラインを構成し、前記イオンビームラインを構成するビームライン真空容器のイオンビームラインと直交する断面形状を多角形状または円形状となるパイプ状とし、前記イオンビームラインを構成するビームライン真空容器の一部区間または全部区間において、前記パイプ状となるビームライン真空容器の外側壁を薄肉状となるよう構成するとともに該外側壁の内側に補強部材と内側壁材とを配置したイオンビーム処理装置。

【請求項 21】 請求項 19 または 20 において、前記イオンビームラインを構成するビームライン真空容器の一部区間は、イオンビームラインを構成するビームライン真空容器のイオン源近傍位置に配置される質量分析磁石の区間を含むよう構成したイオンビーム処理装置。

【請求項 22】 請求項 19 から 21 のいずれか 1 つにおいて、前記補強部材を規則的な間隔で配置したイオンビーム処理装置。

【請求項 23】 請求項 19 から 21 のいずれか 1 つにおいて、前記補強部材として連続したカスプ磁場形成用の磁石体を規則的な間隔で配置したイオンビーム処理装置。

【請求項 24】 請求項 19 から 21 のいずれか 1 つにおいて、前記補強部材と連続したカスプ磁場形成用の磁石体とを交互に規則的な間隔で配置したイオンビーム処理装置。

【請求項 25】 請求項 19 から 21 のいずれか 1 つにおいて、多角形状または円形状となるパイプ状ビームライン真空容器の形状に合わせて、補強部材と連続したカスプ磁場形成用の磁石体とを交互に規則的な間隔で、前記多角形状または円形状となるパイプ状ビームライン真

10

20

30

40

50

空容器の互いに対向する少なくとも一組の部位に配置したイオンビーム処理装置。

【請求項 26】 請求項 19 から 21 のいずれか 1 つにおいて、イオンビームラインと直交する方向または同方向、もしくは斜め方向に補強部材を補強リブとして適宜な間隔で配置したイオンビーム処理装置。

【請求項 27】 請求項 24 において、前記補強部材と前記連続したカスプ磁場形成用の磁石体とを交互に密接して配置したイオンビーム処理装置。

【請求項 28】 請求項 24 において、前記薄肉状となるよう構成したビームライン真空容器の内側壁または外側壁を、多角形状または円形状となるパイプ状ビームライン真空容器の形状に合わせて、前記補強部材を設けないところは肉厚状に構成したイオンビーム処理装置。

【請求項 29】 請求項 12 または 13 において、前記ビームライン真空容器に直接、一定間隔をおいて前記連続したカスプ磁場形成用の磁石を複数固定保持したイオンビーム処理装置。

【請求項 30】 請求項 29 において、前記ビームライン真空容器の外側に凹部を設けてカスプ磁場形成用磁石を埋め込み、該カスプ磁場形成用磁石をビームライン真空容器内部、すなわち真空側に近づける構造としたイオンビーム処理装置。

【請求項 31】 請求項 30 において、前記ビームライン真空容器の凹部に直接前記カスプ磁場形成用磁石を嵌合固着することにより、ビームライン真空容器の強度を増すことができる構造としたイオンビーム処理装置。

【請求項 32】 ビームライン真空容器の一部区間に質量分析磁石の磁極体面の有効磁力作用領域を設けるよう構成し、前記質量分析磁石の前記有効磁力作用領域の前方部分から当該質量分析磁石内の磁極体面の有効磁力作用領域を経て該質量分析磁石の前記有効磁力作用領域の後方部分に至る連続したビームライン真空容器部分に、連続したカスプ磁場形成用の磁石を配設するよう構成したビームラインにおいて、前記連続したカスプ磁場形成用磁石を、前記質量分析磁石の磁極体面側に保持体を介して、一定間隔をおいて複数固定保持したイオンビーム処理装置。

【請求項 33】 請求項 32 において、前記質量分析磁石の前記有効磁力作用領域の前方部分と後方部分とのビームライン真空容器部分範囲においては、前記保持体を固定するための支持部材を質量分析磁石磁極体面に装着し、質量分析磁石磁極体面および前記保持体に前記支持部材を介して一定間隔をおいて前記カスプ磁場形成用磁石を複数固定保持したイオンビーム処理装置。

【請求項 34】 請求項 32 において、質量分析磁石磁極体面および保持体に支持部材を介して一定間隔をおいて複数固定保持されたカスプ磁場形成用磁石に対応するビームライン真空容器の部分に凹部を設け、前記カスプ

磁場形成用磁石をビームライン真空容器内部、すなわち真空側に近づける構造としたイオンビーム処理装置。

【請求項 35】 請求項 32 において、質量分析磁石磁極体面とビームライン真空容器との間に配置するカスプ磁場形成用磁石を固定保持するための保持体または支持部材、あるいは固着手段には絶縁材を使用することにより、前記質量分析磁石磁極体面とビームライン真空容器との絶縁体として機能させるようにしたイオンビーム処理装置。

10 【請求項 36】 請求項 12 または 13 において、前記連続したカスプ磁場形成用磁石を、ビームライン真空容器に支持体を介して、一定間隔をおいて複数固定保持したイオンビーム処理装置。

【請求項 37】 請求項 12 または 13 において、ビームライン真空容器に凹部を設け、前記カスプ磁場形成用磁石をビームライン真空容器内部、すなわち真空側に近づける構造としたイオンビーム処理装置。

20 【請求項 38】 請求項 12 または 13 において、必要な部分のみビームライン真空容器に凹部を設けることにより厚みを残す部分ができるようにし、真空の圧力によって破壊しない強度を持った構造としたイオンビーム処理装置。

【請求項 39】 請求項 12 または 13 において、質量分析磁石磁極体面とビームライン真空容器との間に配置するカスプ磁場形成用磁石を固定保持するための支持体は絶縁材を使用することにより、質量分析磁石磁極体面とビームライン真空容器との絶縁体として機能するようにしたイオンビーム処理装置。

30 【請求項 40】 請求項 8 項から 10 のいずれか 1 つにおいて、ビームライン真空容器内部に、連続してカスプ磁場形成用磁石を一定間隔をおいて複数固定保持したイオンビーム処理装置。

【請求項 41】 請求項 40 において、カスプ磁場形成用磁石がイオンビームに晒されないようにするための磁石カバーを設けたイオンビーム処理装置。

【請求項 42】 請求項 40 において、前記カスプ磁場形成用磁石はビームライン真空容器に直接または保持体を介して固定保持したイオンビーム処理装置。

40 【請求項 43】 請求項 40 において、ビームライン真空容器の壁内部に空間部を設け、前記カスプ磁場形成用磁石を埋め込む構造としたイオンビーム処理装置。

【請求項 44】 請求項 40 において、前記カスプ磁場形成用磁石はカバー保持体を介してビームライン真空容器内部に固定保持したイオンビーム処理装置。

【請求項 45】 請求項 40 において、ビームライン真空容器の真空側に凹部を設けて前記カスプ磁場形成用磁石を埋め込み、該カスプ磁場形成用磁石をビームライン真空容器内部、すなわち真空側に近づける構造としたイオンビーム処理装置。

50 【請求項 46】 イオン源から引出電極を経て引き出さ

れたイオンを、質量分析磁石と質量分析スリットにて質量分析し、そのままイオンを輸送するか、あるいは加速又は減速を行って基板にイオンを注入するとともに、前記質量分析磁石の前方部分から前記質量分析磁石内を経て質量分析磁石の後方部分に至る連続したイオンビームラインを設け、前記質量分析磁石の一方の磁極体面を他方の磁極体面に対してその間隔が広がるように部分的脱着式に構成したことを特徴とする、質量分析磁石からのイオンビームラインの着脱方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はイオンビーム処理方法及び処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 最近のイオンビーム処理装置のうち特にイオン注入装置では、半導体デバイスの微細化技術の発展と進化に伴い、基板へのイオンの注入深さを浅くするために、注入するイオンの低エネルギー化が進んでいる。しかし、低エネルギー領域では、イオンソースから基板に至るビームラインの途中で、イオンビーム自身の電荷でお互いが反発してイオンビームが広がってしまう（空間電荷効果）。そのため、イオンビームの輸送効率が低下し、十分な値のイオンビーム電流が取れないという問題があった。

【0003】 イオンビームはそれ自身の正の電荷によりお互いが反発して離れようとする力（空間電荷効果）が作用し、発散しようとする。この空間電荷効果はイオンビームのエネルギーが低エネルギーになるほど強く作用し、また、イオンビームの電流値が高いほど強く作用する。そのため、特に低エネルギーのイオンを注入しようとするイオン注入装置においては、より高いイオンビーム電流獲得のために、空間電荷効果を如何に低減させてイオンビームを発散させないようにするかが重要である。

【0004】 正電荷を持つイオンが作り出す空間電荷効果は、逆に負の電荷を持つ電子やイオンが存在すれば、空間内のトータル電荷が打ち消される分だけ緩和される。例えば、図14のイ〜ヘに示すように、イオンビームがビームライン上の構造物に当たる際に構造物表面から発生する二次電子や、イオンビームが残留するガスと衝突して残留ガスをイオン化する際に放出される電子や電子付与により生成される負イオンなどがその働きをする。

【0005】 図14において、イは引出電極201との衝突、ロは目的イオンより重いイオンの真空容器202内壁との衝突、ハは残留ガスとの衝突、ニは目的イオンより軽いイオンの真空容器202内壁との衝突、ホは分析スリット203との衝突、ヘは被照射物である基板204との衝突をそれぞれ示している。

【0006】 上記の作用を積極的に誘起し、空間電荷効

果を低減させて、最終的にビーム電流を増大させるために、ビームラインを構成する真空容器中に意図的にガスを導入し、このガスが電離される際の電子によって空間電荷効果を低減させる方法が既に知られている。

【0007】 すなわち、特許第2765111号に示されるように、イオンビーム輸送ライン中にガスを導入すると、イオンビームのイオンが軌道上にあるガス分子と衝突することが増加する。その結果、実質的にイオンビーム中に存在する電子の量が増え、イオンビームの空間電荷効果が緩和される。

【0008】 あるいは、特開平11-96961に示されるように、負イオンになりやすいか分極しやすい分子、たとえば水（ H_2O ）などを用いて中和する場合もあるが、目的は同じである。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】 上記のガス導入による方法では電子の生成量は増えるが、ガスとの衝突によってイオンビーム自体にもロスが生じる。そのために、あるガス圧でビーム電流値が最大となり、それ以上にガスを導入してもかえってイオンビーム電流が低下してしまうのが一般的である。

【0010】 このように、電子は生成と消滅を繰り返しており、その両者のバランスで、ある瞬間に存在する電子の量は決まってしまう。空間電荷を完全に打ち消すためにはこのバランスを電子の数が増える方に変えてやる必要がある。

【0011】 別の観点から言えば、イオンビーム自体にロスを生じることなく、イオンビームの中和に必要な電子の量を実質的に増やすためには、すでに存在している電子や負イオンの生成から消滅までの寿命を延ばす方法が有効になる。

【0012】 また、従来のイオン注入装置では、質量分析磁石の分析磁極体面の間に、質量分析しながらイオンビームを輸送するための質量分析磁石部ビームライン真空容器が単独で配設されている。質量分析磁石部ビームライン真空容器内を通るイオンビームは発散し、ビーム電流の低下を招いている。

【0013】 特に、イオンビームの低エネルギー領域においては、ビーム電流の低下の傾向が著しい。低エネルギー領域でのビーム電流をより多く得る方法として減速モード（デイスルモード）があるが、減速モードにおいてもイオンビームの発散を抑えることはできない。

【0014】 イオンビームの発散を抑える方法として、イオンビームに連続したカスプ磁場を作用させることが有効である。しかし、従来のイオン注入装置ではカスプ磁場形成用磁石を配置するスペースを確保することは困難である。

【0015】 さらに、従来のイオン注入装置にて、減速モードで装置を使用するためには質量分析磁石の分析磁極体面とカスプ磁場形成用磁石およびビームライン真空

容器とを異なる電位にする必要がある。しかし、カスプ磁場形成用磁石を配置した上、そのための絶縁材を配置するスペースを確保することは困難である。絶縁材を配置するには、質量分析磁石の分析磁極体面間距離を大きくすることで配置可能である。しかし、質量分析磁石体面間距離を大きくすると、イオンビームの質量を分析する際に必要なエネルギーが大きくなる。

【0016】現在、産業界においては省スペース、省エネルギーの要求が高まっており、装置が大型化し、エネルギーの消費が大きくなるのは要求に反することになる。

【0017】本発明の課題は、イオンビーム処理装置のビームラインにおいて、カスプ磁場を形成することにより、ビームの発散を抑制してより多くのイオンビームを輸送し、より多量のビーム電流を得ることができるようにすることにある。

【0018】本発明の他の課題は、シリコンウェハー等の基板にイオンを注入するためのイオン注入装置において、特に低エネルギー領域のイオンビーム電流の増加を容易にすることにある。

【0019】本発明の更に他の課題は、ビームラインにおいて、カスプ磁場形成用磁石の有効な支持方法及び構造を提供することにある。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の態様によるイオンビーム処理方法は、イオン源から引出電極を経て引き出されたイオンを、質量分析磁石と質量分析スリットにて質量分析し、そのままイオンを輸送するか、あるいは加速又は減速を行って基板にイオンを注入するとともに、前記質量分析磁石の前方部分から該質量分析磁石内を経て該質量分析磁石の後方部分に至る連続したイオンビームラインに、連続したカスプ磁場を形成する磁石装置を連続して設けることにより、イオンビームの連続磁場閉じ込めを行なうよう構成したことを特徴とする。

【0021】第1の態様によるイオンビーム処理方法においては、前記連続したカスプ磁場は、均一な磁界強度となるよう構成しても良いし、イオンビームラインの各区間に応じて磁界強度が異なるよう構成しても良い。

【0022】本発明の第2の態様によるイオンビーム処理方法は、イオン源から引出電極を経て引き出されたイオンを、質量分析磁石と質量分析スリットにて質量分析し、そのままイオンを輸送するか、あるいは加速又は減速を行って基板にイオンを注入するイオン注入装置において、前記引出電極の付近から、前記質量分析磁石内と前記質量分析スリットを通過して前記基板付近までのイオンビームラインに、連続したカスプ磁場を形成してイオンビームの連続磁場閉じ込めを行なうよう構成したことを特徴とする。

【0023】本発明の第3の態様によるイオンビーム処

理方法は、イオン源から引出電極を経て引き出されたイオンを、質量分析磁石と質量分析スリットにて質量分析し、そのままイオンを輸送するか、あるいは加速又は減速を行って基板にイオンを注入するとともに、前記質量分析磁石の前方部分から該質量分析磁石内を経て該質量分析磁石の後方部分に至る連続したイオンビームラインに、連続した第一カスプ磁場を形成する磁石装置を連続して設けることにより、イオンビームの連続閉じ込めを行なうとともに、前記連続したカスプ磁場を均一な磁界強度となるよう構成し、前記質量分析磁石の後方部分と基板処理室との間のイオンビームラインに前記第一カスプ磁場とは磁界強度の異なる第二カスプ磁場を連続して設けることにより、イオンビームラインのほぼ全体の連続カスプ磁場閉じ込めを行なうことを特徴とする。

【0024】第3の態様によるイオンビーム処理方法においては、前記第一カスプ磁場と前記第二カスプ磁場のカスプ磁極の間隔もしくは磁束密度を同じとしても良いし、異なるように構成しても良い。

【0025】本発明の第4の態様によるイオンビーム処理方法は、イオン源から処理室に至るビームライン真空容器を有するイオンビーム処理装置において、イオンビームを前記ビームライン真空容器の内部を通して、前記イオン源から前記処理室に至るイオンビームラインを構成し、前記ビームライン真空容器の一部区間の外側に質量分析磁石を配設するとともに、該質量分析磁石の磁極体面の有効磁力作用領域をイオンビームライン内の一部区間に設けるよう構成し、前記イオンビームラインにおける質量分析磁石の前記有効磁力作用領域のビームライン真空容器の内部に、連続したカスプ磁場を形成することによりイオンビームを閉じ込めるようにしたことを特徴とする。

【0026】本発明の第5の態様によるイオンビーム処理方法は、イオン源から処理室に至るビームライン真空容器を有するイオンビーム処理装置において、イオンビームを前記ビームライン真空容器の内部を通して、前記イオン源から前記処理室に至るイオンビームラインを構成し、前記ビームライン真空容器の一部区間の外側に質量分析磁石を配設するとともに、該質量分析磁石の磁極体面の有効磁力作用領域をイオンビームライン内の一部区間に設けるよう構成し、前記有効磁力作用領域手前のイオンビームライン上流側となる前記質量分析磁石の前方部分から前記質量分析磁石内の磁極体面の有効磁力作用領域を経て質量分析磁石の前記有効磁力作用領域外のイオンビームラインの後方部分までのイオンビームラインの連続したビームライン真空容器の内部に、連続したカスプ磁場を形成することによりイオンビームを閉じ込めるようにしたことを特徴とする。

【0027】本発明の第6の態様によるイオンビーム処理方法は、イオン源から処理室に至るビームライン真空容器を有するイオンビーム処理装置において、イオンビ

ームを前記ビームライン真空容器の内部を通して、前記イオン源から前記処理室に至るイオンビームラインを構成し、前記ビームライン真空容器の一部区間に外側から質量分析磁石を配設するとともに、該質量分析磁石の磁極体面の有効磁力作用領域をイオンビームライン内の一部区間に設けるよう構成し、前記有効磁力作用領域手前のイオンビームライン上流側となる前記質量分析磁石の前方部分から前記質量分析磁石内の磁極体面の有効磁力作用領域を経て質量分析磁石の前記有効磁力作用領域外のイオンビームラインの後方部分までのイオンビームラインの連続したビームライン真空容器の内部に、連続したカスプ磁場を形成するための磁石装置をビームライン真空容器の容器壁部に配置することにより、連続したカスプ磁場を形成してイオンビームを閉じ込めることを特徴とする。

【0028】第4から第6の態様によるイオンビーム処理方法においては、前記連続したカスプ磁場は、ビームライン真空容器に対向する複数のカスプ磁場ユニットを設けることにより構成される。

【0029】本発明によるイオンビーム処理装置の第1の態様は、イオン源から処理室に至るビームライン真空容器を有するイオンビーム処理装置において、イオンビームを前記ビームライン真空容器の内部を通して前記イオン源から前記処理室に至るイオンビームラインを構成し、前記ビームライン真空容器の一部区間に外側から質量分析磁石を配設するとともに、該質量分析磁石の磁極体面の有効磁力作用領域をイオンビームライン内の一部区間に設けるよう構成し、イオンビームラインの連続したビームライン真空容器部分に、連続したカスプ磁場を形成してイオンビームを閉じ込めるための連続したカスプ磁場を形成する磁石装置を配置したことを特徴とする。

【0030】本発明によるイオンビーム処理装置の第2の態様は、イオン源から処理室に至るビームライン真空容器を有するイオンビーム処理装置において、イオンビームを前記ビームライン真空容器の内部を通して前記イオン源から前記処理室に至るイオンビームラインを構成し、前記ビームライン真空容器の一部区間に外側から質量分析磁石を配設するとともに、該質量分析磁石の磁極体面の有効磁力作用領域をイオンビームライン内の一部区間に設けるよう構成し、前記有効磁力作用領域手前のイオンビームライン上流側となる前記質量分析磁石の前方部分から前記質量分析磁石内の磁極体面の有効磁力作用領域を経て質量分析磁石の前記有効磁力作用領域外のイオンビームラインの後方部分までのイオンビームラインの連続したビームライン真空容器の部分に、連続したカスプ磁場を形成してイオンビームを閉じ込めるための連続したカスプ磁場を形成する磁石装置を配置したことを特徴とする。

【0031】第1、第2の態様によるイオンビーム処理

装置においては、前記ビームライン真空容器の内壁と前記質量分析磁石内の磁極体面との間の区間にある前記ビームライン真空容器の内壁に直接、一定間隔をおいて前記連続したカスプ磁場形成用の磁石体を複数固定保持するようにしても良い。

【0032】第1、第2の態様によるイオンビーム処理装置においては、前記ビームライン真空容器の内壁と前記質量分析磁石内の磁極体面との間の区間にある前記ビームライン真空容器の外壁に直接、一定間隔をおいて前記連続したカスプ磁場形成用の磁石体を複数固定保持するようにしても良い。

【0033】第1、第2の態様によるイオンビーム処理装置においては、前記ビームライン真空容器の内壁と前記質量分析磁石内の磁極体面との間の区間にある前記ビームライン真空容器の内部に、一定間隔をおいて前記連続したカスプ磁場形成用の磁石体を複数固定保持するようにしても良い。

【0034】第1、第2の態様によるイオンビーム処理装置においては、前記ビームライン真空容器の内壁と前記質量分析磁石内の磁極体面との間の区間にある前記磁極体面の外壁に直接、一定間隔をおいて前記連続したカスプ磁場形成用の磁石体を複数固定保持するようにしても良い。

【0035】第1、第2の態様によるイオンビーム処理装置においては、前記ビームライン真空容器の内壁と前記質量分析磁石内の磁極体面との間の区間にある前記磁極体面の内側に、一定間隔をおいて前記連続したカスプ磁場形成用の磁石体を複数固定保持するようにしても良い。

【0036】本発明によるイオンビーム処理装置の第3の態様は、イオン源から処理室に至るビームライン真空容器を有するイオンビーム処理装置において、イオンビームを前記ビームライン真空容器の内部を通して前記イオン源から前記処理室に至るイオンビームラインを構成し、前記イオンビームラインを構成するビームライン真空容器のイオンビームラインと直交する断面形状を多角形状または円形状となるパイプ状とし、前記イオンビームラインを構成するビームライン真空容器の一部区間または全部区間において、前記パイプ状となるビームライン真空容器の内側壁を薄肉状となるよう構成するとともに該内側壁の外側に補強部材を配置したことを特徴とする。

【0037】本発明によるイオンビーム処理装置の第4の態様は、イオン源から処理室に至るビームライン真空容器を有するイオンビーム処理装置において、イオンビームを前記ビームライン真空容器の内部を通して前記イオン源から前記処理室に至るイオンビームラインを構成し、前記イオンビームラインを構成するビームライン真空容器のイオンビームラインと直交する断面形状を多角形状または円形状となるパイプ状とし、前記イオンビーム

ムラインを構成するビームライン真空容器の一部区間または全部区間において、前記パイプ状となるビームライン真空容器の外側壁を薄肉状となるよう構成するとともに該外側壁の内側に補強部材と内側壁材とを配置したことを特徴とする。

【0038】第3、第4の態様によるイオンビーム処理装置においては、前記イオンビームラインを構成するビームライン真空容器の一部区間は、イオンビームラインを構成するビームライン真空容器のイオン源近傍位置に配置される質量分析磁石の区間を含むよう構成される（第1の変形例）。

【0039】第3、第4の態様、第1の変形例によるイオンビーム処理装置においては、前記補強部材を規則的な間隔で配置しても良い。

【0040】第3、第4の態様、第1の変形例によるイオンビーム処理装置においては、前記補強部材として連続したカスプ磁場形成用の磁石体を規則的な間隔で配置しても良い。

【0041】第3、第4の態様、第1の変形例によるイオンビーム処理装置においては、前記補強部材と連続したカスプ磁場形成用の磁石体とを交互に規則的な間隔で配置しても良い（第2の変形例）。

【0042】第3、第4の態様、第1の変形例によるイオンビーム処理装置においては、多角形状または円形状となるパイプ状ビームライン真空容器の形状に合わせて、補強部材と連続したカスプ磁場形成用の磁石体とを交互に規則的な間隔で、前記多角形状または円形状となるパイプ状ビームライン真空容器の互いに対向する少なくとも一組の部位に配置しても良い。

【0043】第3、第4の態様、第1の変形例によるイオンビーム処理装置においては、イオンビームラインと直交する方向または同方向、もしくは斜め方向に補強部材を補強リブとして適宜な間隔で配置しても良い。

【0044】第2の変形例によるイオンビーム処理装置においては、前記補強部材と前記連続したカスプ磁場形成用の磁石体とを交互に密接して配置しても良い。

【0045】第2の変形例によるイオンビーム処理装置においては、前記薄肉状となるよう構成したビームライン真空容器の内側壁または外側壁を、多角形状または円形状となるパイプ状ビームライン真空容器の形状に合わせて、前記補強部材を設けないところは肉厚状に構成しても良い。

【0046】第1、第2の態様によるイオンビーム処理装置においては、前記ビームライン真空容器に直接、一定間隔をおいて前記連続したカスプ磁場形成用の磁石を複数固定保持しても良い。

【0047】第3の変形例によるイオンビーム処理装置においては、前記ビームライン真空容器の外側に凹部を設けてカスプ磁場形成用磁石を埋め込み、該カスプ磁場形成用磁石をビームライン真空容器内部、すなわち真空

側に近づける構造としても良い（第4の変形例）。

【0048】第4の変形例によるイオンビーム処理装置においては、前記ビームライン真空容器の凹部に直接前記カスプ磁場形成用磁石を嵌合固着することにより、ビームライン真空容器の強度を増すことができる構造としても良い。

【0049】本発明の第5の態様によるイオンビーム処理装置は、ビームライン真空容器の一部区間に質量分析磁石の磁極体面の有効磁力作用領域を設けるよう構成し、前記質量分析磁石の前記有効磁力作用領域の前方部分から当該質量分析磁石内の磁極体面の有効磁力作用領域を経て該質量分析磁石の前記有効磁力作用領域の後方部分に至る連続したビームライン真空容器部分に、連続したカスプ磁場形成用の磁石を配設するよう構成したビームラインにおいて、前記連続したカスプ磁場形成用磁石を、前記質量分析磁石の磁極体面側に保持体を介して、一定間隔をおいて複数固定保持したことを特徴とする。

【0050】第5の態様によるイオンビーム処理装置においては、前記質量分析磁石の前記有効磁力作用領域の前方部分と後方部分とのビームライン真空容器部分範囲においては、前記保持体を固定するための支持部材を質量分析磁石磁極体面に装着し、質量分析磁石磁極体面および前記保持体に前記支持部材を介して一定間隔をおいてカスプ磁場形成用磁石を複数固定保持しても良い。

【0051】第5の態様によるイオンビーム処理装置においては、質量分析磁石磁極体面および保持体に支持部材を介して一定間隔をおいて複数固定保持されたカスプ磁場形成用磁石に対応するビームライン真空容器の部分に凹部を設け、前記カスプ磁場形成用磁石をビームライン真空容器内部、すなわち真空側に近づける構造としても良い。

【0052】第5の態様によるイオンビーム処理装置においては、質量分析磁石磁極体面とビームライン真空容器との間に配置するカスプ磁場形成用磁石を固定保持するための保持体または支持部材、あるいは固着手段には絶縁材を使用することにより、前記質量分析磁石磁極体面とビームライン真空容器との絶縁体として機能させるようにしても良い。

【0053】第1、第2の態様によるイオンビーム処理装置においては、前記連続したカスプ磁場形成用磁石を、ビームライン真空容器に支持体を介して、一定間隔をおいて複数固定保持しても良い。

【0054】第1、第2の態様によるイオンビーム処理装置においては、ビームライン真空容器に凹部を設け、前記カスプ磁場形成用磁石をビームライン真空容器内部、すなわち真空側に近づける構造としても良い。

【0055】第1、第2の態様によるイオンビーム処理装置においては、必要な部分のみビームライン真空容器に凹部を設けることにより厚みを残す部分ができるよう

にし、真空の圧力によって破壊しない強度を持った構造としても良い。

【0056】第1、第2の態様によるイオンビーム処理装置においては、質量分析磁石磁極体面とビームライン真空容器との間に配置するカスプ磁場形成用磁石を固定保持するための支持体は絶縁材を使用することにより、質量分析磁石磁極体面とビームライン真空容器との絶縁体として機能するようにしても良い。

【0057】第4から第6の態様によるイオンビーム処理方法において、ビームライン真空容器内部に、連続してカスプ磁場形成用磁石材を一定間隔をおいて複数固定保持することにより第6の態様によるイオンビーム処理装置が提供される。

【0058】第6の態様によるイオンビーム処理装置においては、カスプ磁場形成用磁石がイオンビームに晒されないようにするための磁石カバーを設けても良い。

【0059】第6の態様によるイオンビーム処理装置においては、前記カスプ磁場形成用磁石はビームライン真空容器に直接または保持体を介して固定保持しても良い。

【0060】第6の態様によるイオンビーム処理装置においては、ビームライン真空容器の壁内部に空間部を設け、前記カスプ磁場形成用磁石を埋め込む構造としても良い。

【0061】第6の態様によるイオンビーム処理装置においては、前記カスプ磁場形成用磁石はカバー保持体を介してビームライン真空容器内部に固定保持しても良い。

【0062】第6の態様によるイオンビーム処理装置においては、ビームライン真空容器の真空側に凹部を設けて前記カスプ磁場形成用磁石を埋め込み、該カスプ磁場形成用磁石をビームライン真空容器内部、すなわち真空側に近づける構造としても良い。

【0063】本発明によれば更に、イオン源から引出電極を経て引き出されたイオンを、質量分析磁石と質量分析スリットにて質量分析し、そのままイオンを輸送するか、あるいは加速又は減速を行って基板にイオンを注入するとともに、前記質量分析磁石の前方部分から前記質量分析磁石内を経て質量分析磁石の後方部分に至る連続したイオンビームラインを設け、前記質量分析磁石の一方の磁極体面を他方の磁極体面に対してその間隔が広がるように部分的脱着式に構成したことを特徴とする、質量分析磁石からのイオンビームラインの着脱方法が提供される。

【0064】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を説明する前に、図1を参照して、本発明が適用されるイオンビーム処理装置の一例としてのイオン注入装置のビームラインの構成について説明する。図1において、イオンソース11から引出電極12を通して引き出されたイオンビー

ム15は、質量分析磁石13とその後段にある質量分析スリット14とにより質量分析され、必要なイオン種だけが選別された後、被照射物である基板7まで輸送される。

【0065】イオンビームを輸送する空間の構成は、以下の四つに区分できる。

【0066】(1)質量分析磁石前方区間16は、イオンソース11の次に存在する引出電極12から質量分析磁石13までの区間である。

10 (2)質量分析磁石区間17は、質量分析磁石13内の区間である。

(3)質量分析磁石後方区間18は、質量分析磁石13から質量分析スリット14までの区間である。

(4)注入区間19は、質量分析スリット14から基板7までの区間である。

20 【0067】ここで、ビームライン真空容器は、引出電極12から質量分析磁石13までの質量分析磁石前方区間16に対応するジョイントハウジング1、質量分析磁石区間17に対応するビームガイド4、質量分析磁石後方区間18に対応するジョイントハウジング2、及び注入区間19の一部、つまり質量分析スリット14からウェハー処理室5までのジョイントハウジング3等からなる。イオンソース11とソースハウジング6は絶縁体9で絶縁されている。イオンソース11には電源X1の正側が接続され、引出電極12には別の電源X2の負側が接続されている。電源X1の負側及び電源X2の正側はウェハー処理室5に接続されると共に、アースされている。尚、質量分析磁石前方区間16及び質量分析磁石区間17は第1のカスプ磁場の区間、質量分析磁石後方区間18及び注入区間19は第2のカスプ磁場の区間と呼ばれても良い。また、質量分析磁石の磁極体が存在する領域は、質量分析磁石の磁極体面の有効磁力作用領域として定義することができる。

30 【0068】図2は、後段減速あるいは後段加速を用いるイオン注入装置のビームラインの構成を示し、図1と同じ部分には同じ番号を付している。図2において、イオンソース11から引き出されたイオンビームは質量分析磁石13とその後段にある質量分析スリット14とにより質量分析され、必要なイオン種だけが選別される。質量分析スリット14を通過後、イオンは後段電極23で後段減速または後段加速される。減速されるか加速されるかは、後段電極23に印加される電界の向きによって決まり、逆電界であれば減速、順電界であれば加速である。

【0069】通常、質量分析スリット14は後段電極23の上流側近傍に置かれるが、後段電極23の電極の一部で質量分析スリット14の機能を兼用させる場合もある。

50 【0070】このような後段減速あるいは後段加速を用いるイオン注入装置においても、イオンビームを輸送す

る空間の構成は、以下の四つに区分できる。

【0071】(1) 引出電極12から質量分析磁石13までの質量分析磁石前方区間16

(2) 質量分析磁石13内の質量分析磁石区間17

(3) 質量分析磁石13から後段電極23までの質量分析磁石後方区間18

(4) 後段電極23から基板7までの注入区間19

【0072】なお、ジョイントハウジング1に電源X3の負側が接続され、その正側はウエハー処理室5及びアースに接続されている。質量分析スリット14と後段電極23の最前部との間はジョイントハウジング3'で結ばれ、ジョイントハウジング3'の周囲とウエハー処理室5との間がジョイントハウジング3''で結ばれている。ジョイントハウジング3'とジョイントハウジング3''との間には絶縁部材8が介装されている。つまり、後段電極23の前後で、質量分析磁石13から後段電極23まで、および後段電極23から基板7までの2つの空間に分離されるが、それぞれ内部には電場がないので、図2および図1の構造は電子の運動を考える上では実質的に同一である。

【0073】本発明は、図1、図2に示されるようなイオン注入装置において、イオンビームのビームライン中での電子の消滅を減らすために、ビームライン中の空間において電子を磁場で閉じ込める方法を採用した点に特徴を有する。

【0074】図3を参照して、磁場によるイオンビームのビームライン中の電子の閉じ込め方法について述べる。図3(a)は略均一磁界中での電子の軌道を、図3(b)は不均一磁界中での電子の旋回中心の軌道をそれぞれ表わし、Aは磁力線、Bは電子、Cは電子Bの旋回軌道、Dは電子Bの旋回中心の軌道をそれぞれ示す。

【0075】電子Bは磁界中では磁力線Aに巻き付くように旋回運動する。その旋回運動の中心の軌道Dは、図3(a)に示すように、均一な強さの磁界中では磁力線Aに沿っている。しかし、図3(b)に示すように、電子は磁力線Aが集中する方向、すなわち磁界が強くなる方向に進むと反発される。通常、磁極の近くでは、磁力線が集中しているので、電子はその磁極の方向へは進めない。そこで、このような磁極を真空容器の壁一面に配置すれば、電子はその壁に近づくことができず、電子の消滅が減り、面全体として電子の閉じ込め効果を持つことになる。

【0076】図4に示すように、真空容器の壁を覆う磁石34を、イオンビーム軌道31に沿って、イオンビーム軌道31側の面が交互にN極、S極と繰り返す形式にした磁石による磁界を、一般にカスプ磁界という。このカスプ磁界の下では、電子は磁力線32に巻き付くように旋回運動するが、磁石34の磁極に到達する前に反発され、電子の旋回中心の軌道33は空中にとどまることになる。すなわち、イオンビーム軌道31の近傍の電子

は失われにくくなり、実質的にイオンビーム軌道31の近傍の電子の存在数を増やす働きをする。イオンビーム軌道31の近傍の電子の存在数が増える結果、イオンビームの空間電荷効果が緩和され、イオンビームの発散、消滅が抑えられるので、イオンビーム電流値が増大する。

【0077】このようなカスプ磁界を形成するために、図5、図6に示すように、ビームラインを挟んで幾何学的構造および磁界ともに面対称となるよう、同じ強さの永久磁石45をN極の向かい側にはN極、S極の向かい側にはS極がくるように対向配置する。図5、図6において、イオンソース41、引出電極42、42'、質量分析磁石43、質量分析スリット14やウエハー処理室5、その他の構成は、図1に示されたものと同じである。また、図5、図6に示された永久磁石45において、波模様の入っている部分はN極を、空白の部分はS極を示す。なお、永久磁石45の配置は、ビームラインからそれぞれの永久磁石までの距離が等しくなるように配置されるのが好ましい。このような永久磁石45の配置により、イオンビーム軌道中心ではお互いの磁界が打ち消し合い、イオンビーム軌道の中心付近に強い磁界が残らないようになっている。

【0078】図7(a)、(b)は、ビームラインの互いに対向する2面、特に上下面において、2つの永久磁石45のS極、または2つの永久磁石45のN極が対向し合うような配置を、イオンビームの進む方向に交互に繰り返すパターンである。すなわち、イオンビームの進む方向を眺めると、図7(a)と図7(b)の配置が交互に繰り返され、同じ方向から眺めたところを遠近法にて描くと、全体としては図8のような配置になる。上下面において、イオンビームの進む方向47にS極、N極が交互に繰り返されており、カスプ磁界を形成している。このようなカスプ磁界を形成するための磁石がカスプ磁場用磁石である。

【0079】なお、図6から明らかなように、質量分析磁石43はその平面形状が略扇形状である。この場合、この質量分析磁石43に対応する領域に配置される永久磁石45は質量分析磁石43の内径側から外径側に向かうにつれて間隔が大きくなる。これは、永久磁石45で形成されるカスプ磁場強度が質量分析磁石43の内径側から外径側に向かうにつれて小さくなることを意味する。これを補正して、カスプ磁場強度を均一にするためには、質量分析磁石43の内径側から外径側に向かうにつれて磁場強度が大きくなるような構成を採用すれば良い。

【0080】例えば、永久磁石45をその磁極方向に関して複数に分割し、質量分析磁石43の内径側から外径側になるにつれて磁場強度が大きくなるような磁石材料の組合わせとする。あるいはまた、質量分析磁石43の内径側から外径側に向かうにつれて永久磁石45の磁極

の幅が大きくなるような略扇形状にすることで質量分析磁石 4 3 の内径側から外径側に向かうにつれて磁場強度が大きくなるようにすることができる。

【0 0 8 1】図 5 に戻って、向かい合う質量分析磁石 4 3 の外、すなわち質量分析磁石 4 3 による磁界 4 4 の外では、ビームラインの四面を取り囲むようにカスプ磁場用磁石を設置したほうが電子の閉じ込め効果が高くなる。すなわち、図 5、図 6 において上下面だけでなく、紙面に垂直な方向にもカスプ磁場用磁石を設置するということである。これは、分析磁界のような広い一様な外部磁界の無い領域では、電子の運動方向が任意であるためである。イオンビームに沿って眺めると、上下左右の四面をカスプ磁界で囲んだトンネルになる。勿論、このビームラインを囲む 4 面のカスプ磁場用磁石は、上下左右という配置だけでなく、ビームラインを軸として任意の角度だけ回転させた配置も可能である。

【0 0 8 2】このカスプ磁界のトンネルを作る際には、磁石の極性により二つのパターンがある。第 1 のパターンは、図 9 (a)、(b) に示すように、ビームラインを囲む上下左右の 4 面とも 4 つの永久磁石 5 1 の N 極 (図 a)、または 4 面とも 4 つの永久磁石 5 1 の S 極 (図 b) となるような配置を、イオンビームの進む方向に交互に繰り返すパターンである。これをイオンビームの進む方向について眺めると、図 9 (a) と図 9 (b) の配置が交互に繰り返され、同じ方向から眺めたところを遠近法にて描くと、全体としては図 1 0 のような配置になる。上下左右どの面も、イオンビームの進む方向 5 3 に N 極、S 極が交互に繰り返されており、カスプ磁界を形成している。

【0 0 8 3】第 2 のパターンは、図 1 1 (a)、(b) に示すように、上下は 2 つの永久磁石 5 4 の N 極、左右は別の 2 つの永久磁石 5 4 の S 極となる配置 (図 b) と、上下が 2 つの永久磁石 5 4 の S 極、左右が別の 2 つの永久磁石 5 4 の N 極となる配置 (図 a) を、ビームの進む方向に交互に繰り返すパターンである。これをビームの進む方向について眺めると、図 1 1 (a) と図 1 1 (b) の配置が交互に繰り返され、同じ方向から眺めたところを遠近法をつけて描くと、全体としては図 1 2 のような配置になる。この場合でも、上下左右どの面も、ビームの進む方向 5 6 に N 極、S 極が交互に繰り返されており、カスプ磁界を形成している。第 1 のパターンと異なる点は、図 1 1 (a)、図 1 1 (b) とともに略 4 極磁石を形成しているという点である。

【0 0 8 4】4 極磁石は、荷電粒子をある面内で収束させ、同時にもう一つの別な面内で発散させる作用があることが知られている。このような 4 極磁石をイオンビームの進む方向に極性を交互に反転させながら配置すれば、イオンビームは収束と発散を交互に繰り返しながら効率的に輸送される。

【0 0 8 5】上下左右の各カスプ磁場用磁石の一部ある

いは全体を大気中に配置する場合、磁界の強さは、真空容器の真空側の表面で 0. 1 T (テスラ) 程度以上を目安にする。カスプ磁場用磁石は、金属汚染を避けるために、イオンビームに直接触れるおそれのない大気中に固定しておく方が好ましいが、大気側から真空容器内に前記 0. 1 T の磁界をしみ出させるためには、真空容器の壁の厚さを考慮すれば、カスプ磁場用磁石の表面での磁界がさらに数 0. 0 1 T 程度は必要になる。

【0 0 8 6】カスプ磁場用磁石が永久磁石の場合、常温で残留磁束密度が 1 T 前後以上の材質のものを使用と、厚さ数 mm 程度あれば目的の磁界の強度を得ることができ、スペースの自由度が増える。材質を具体的に挙げると、ネオジウム-鉄-ボロン系あるいはサマリウム-コバルト系となる。

【0 0 8 7】永久磁石に代えて電磁石を用いることができ、この場合は付属の電源なども含めて大がかりになるという問題があるが、永久磁石の場合と同様の配列を用いることによって、より強い磁場が出せるので有効な方法である。

【0 0 8 8】上下左右の各カスプ磁場用磁石の一部または全体を真空中に設置する場合には、カスプ磁場用磁石として永久磁石を採用し、個々の永久磁石は直接、あるいは支持体を用いて真空容器に固定する。支持体を使用する場合は、複数の永久磁石をそれぞれの間隔を保持した状態で支持体に固定できる構造にしておく真空容器との着脱の作業効率が良くなる。

【0 0 8 9】永久磁石はイオンビームが直接当たらない方向に固定するか、非磁性のカバーで覆った状態で固定する。永久磁石を覆う非磁性のカバーは前記支持体に取り付けられるか、前記支持体と一体化したものでもよい。この非磁性のカバーには金属汚染が発生しにくく、比較的熱伝導のよいグラファイト、シリコンなど、あるいはイオンビームが当たる問題がなければ、加工しやすく熱伝導もよいアルミニウムなどの材質を用いる。前記非磁性のカバーを 2 層以上の構造として、表面第 1 層にグラファイト、シリコンなどを使用し、第 2 層目以下にアルミニウムなどを用いるなどの構造でもよい。

【0 0 9 0】永久磁石は熱によって恒久的に減磁するおそれがあるので、真空容器内に取り付けたカスプ磁場用磁石、カバーを含む支持体は、真空容器との接触具合をよくしたり接触部の断面積を広くするなど真空容器への熱伝導をよくして温度が上がりにくい構造にしておく。カバーを含む支持体は、熱伝導率が少なくとも 1 0 0 W / mK 以上の材料を用いる。冷却水を流し永久磁石周辺の熱を積極的に除去する方法もある。

【0 0 9 1】永久磁石は残留磁束密度が大きく、比較的、熱に対して恒久的に減磁しにくいサマリウム-コバルト系がよい。永久磁石の温度が常時摂氏 6 0 度以下に保たれていればネオジウム-鉄-ボロン系の材料でもよい。永久磁石は残留磁束密度 0. 8 T 以上で、摂氏 6 0

度での保磁力が、残留磁束密度と真空透磁率との積の1.2倍以上あればよい。

【0092】イオンを偏向させる質量分析磁石の磁界の及ぶ領域では、図13(a)に詳しく示すように、カスプ磁場用磁石が無い場合でも、質量分析磁石の磁極61間の広い領域にわたってイオンの偏向のための略平行な分析磁界65が存在するので、電子は磁力線67に巻き付くように旋回運動し、その中心軌道はある程度延びて寿命も長くなっている。しかし、この分析磁界65は質量分析磁石の磁極61まで磁界の強さがほぼ均一であり、電子を追い返す作用がほとんどないので、電子は分析磁界65に沿って進み、最終的に分析磁石の磁極61に衝突して消滅してしまう。

【0093】この磁極間の領域では、図13(b)のように、質量分析磁石の磁極61の上下面にカスプ磁場用の磁石62を取り付けるだけで、前記電子の消滅を防止することができる。質量分析磁石の磁極61付近では、イオンビームが低エネルギーになるほど分析磁界が弱まるので、相対的にカスプ磁界が支配的となって電子の跳ね返し効率が向上する。

【0094】一方、イオンビーム軌道付近では、上下のカスプ磁界は互いの磁界をうち消しあっているので、イオン注入装置で必要な分析磁界の強さに比べて、カスプ磁界は無視できる。したがって、イオンビームはカスプ磁場による攪乱を受けることなく正しく偏向される。イオンビームが高エネルギーになれば空間電荷効果が弱まり、イオンビームの輸送効率は低下しなくなるので、カスプ磁場の効果が下がってもまったく問題ない。

【0095】なお、紙面に垂直に閉じ込めるカスプ磁場用磁石は必要性が薄い。その理由は、繰り返しになるが、分析磁界の存在する磁極間では電子は上下方向以外に逃げ出しにくいからである。

【0096】質量分析磁石の磁極間に取り付けるカスプ磁場用磁石は永久磁石とする。実際にはこの磁極間には真空容器が挟まれるので、永久磁石は、真空容器と質量分析磁石の磁極との間の隙間に、真空容器側ではなく質量分析磁石の磁極の側に固定される。これは、通常、この場所は大気中であり、質量分析磁石の励磁をやめて質量分析磁石周辺の保守などを行う際、永久磁石は鉄製の質量分析磁石の磁極に吸着したままで危険が少ないことなどの理由による。永久磁石の固定には非磁性の支持体を使用してもよい。

【0097】なお、質量分析磁石の側にカスプ磁場用磁石を固定したり、カスプ磁場用磁石を大気中に固定したりすることは、単に保守の作業性がよいなどの理由によるものであり、カスプ磁場用磁石を真空容器の側に固定したり、真空容器内に固定する方法でも磁場構造は本質的に同等になる。

【0098】永久磁石は、質量分析磁石の発生する最大の磁界が、永久磁石の磁界に対して逆に作用しても恒久

的な減磁がおきにくい材質を選択する。図13(b)に示したように、質量分析磁石内の空間においては半数の永久磁石は個々の磁界とは逆方向の質量分析磁石磁界に曝されるからである。各永久磁石の材質は、質量分析磁石の最大磁界と真空透磁率との積の1.2倍程度の保磁力を持ち、逆磁界でも恒久的な減磁の起こりにくいものを選ぶのがよい。一例として1.2Tまで出せる質量分析磁石では、目安として約1100kA/m以上の保磁力を持つ材質が望ましい。現時点では、ネオジム-ボロン-鉄系磁石に保磁力の大きいものが多い。

【0099】カスプ磁場用磁石装置は、棒状磁石、略長楕円柱状磁石、もしくは円柱状・多角柱状の組合せ磁石のいずれで構成されても良い。また、このカスプ磁場用磁石の採用とともに、従来知られているガス、例えばアルゴン、窒素、キセノン等の不活性ガスや水蒸気などの分子ガスを微量導入することで、生成の増加と生成した電子の長寿命化が同時に行われるため相乗効果が得られ、ビーム電流がさらに増加する。

【0100】カスプ磁場との組合せで用いるガスは、イオンソースの引出電極から質量分析磁石までの間で導入するのがもっともビーム増加に効果がある。イオンソースの引出電極から質量分析磁石までの間は、イオンソースから引き出された目的以外の種類を含む全イオンが通過するが、その全イオンが空間電荷効果に寄与するために、イオンビームの発散がもっとも強く起こるからである。

【0101】なお、上記の説明では便宜上、上下左右という表現を用いているが、これは絶対的な上下左右を意味するものではなく、相対的に表わしているものである。

【0102】本発明は、上記のようなイオン注入装置に加えて、イオン源から引出電極を経て引き出されたイオンを、質量分析磁石と質量分析スリットにて質量分析し、そのままイオンを輸送するか、あるいは加速又は減速を行って基板にイオンを注入するイオン注入装置全般に適用されるものであり、以下のような形態をとることができる。

【0103】1. 前記質量分析磁石内とその前後の連続したイオンビームラインに、カスプ磁場を形成する磁石装置を連続して設けるよう構成したもの。

【0104】2. 前記引出電極の付近から前記質量分析磁石の出口付近までのイオンビームラインに、連続したカスプ磁場を形成するよう構成したもの。

【0105】3. 前記引出電極の付近から、前記質量分析磁石入口までのイオンビームラインに、カスプ磁場を形成する磁石装置を連続して設けるよう構成したもの。

【0106】4. 前記質量分析磁石出口から前記質量分析スリット付近までのイオンビームラインに、カスプ磁場を形成する磁石装置を連続して設けるよう構成したもの。

【0107】5. 前記質量分析スリット付近から前記基板までのイオンビームラインに、カスプ磁場を形成する磁石装置を連続して設けるよう構成したもの。

【0108】6. 前記質量分析磁石の入口付近から前記質量分析スリット付近までのイオンビームラインに、連続したカスプ磁場を形成するよう構成したもの。

【0109】7. 前記引出電極の付近から、前記質量分析磁石内を通過して前記質量分析スリット付近までのイオンビームラインに、連続したカスプ磁場を形成するよう構成したもの。

【0110】8. 前記引出電極の付近から、前記質量分析磁石内と前記質量分析スリットを通過して前記基板付近までのイオンビームラインに、連続したカスプ磁場を形成するよう構成したもの。

【0111】なお、カスプ磁場を形成するための磁石装置は、イオンビームラインの各区間の諸条件に合わせて磁場の条件を変更するように構成されるが、以下のような様々な形態で実現される。

【0112】(1) カスプ磁場を形成するための磁石装置は、複数の磁石から成り、磁石の磁極のイオンビーム側に向けた面が、ビームラインに沿ってN極とS極を交互に繰り返すように、ビームラインに沿ってある間隔で配列するよう構成される。

【0113】(2) カスプ磁場を形成するための磁石装置は、磁極がビームラインに向くよう配置された複数の略方形状磁石又は棒状磁石あるいは柱状磁石で構成される。

【0114】(3) カスプ磁場を形成するための磁石装置は、複数の磁石で構成され、各磁石の磁極がビームラインと直行する方向で、かつビームラインの方向に並ぶように配設される。

【0115】(4) カスプ磁場を形成するための磁石装置は、イオンビーム偏向面を挟む方向の2面に互いに磁極を対向させて設置した複数の磁石を含む。

【0116】(5) カスプ磁場を形成するための磁石装置は、イオンビーム偏向面を挟む方向の2面と、該イオンビーム偏向面を挟む方向の2面と直角な方向でイオンビームを挟む2面の合計4面にそれぞれ磁極を対向させて設置した複数の磁石を含む。

【0117】(6) 前記質量分析磁石内のカスプ磁界用磁石のみ質量分析磁石の各磁極に合わせた2面配置とし、それ以外の、前記引出電極付近から前記質量分析磁石までのカスプ磁場、前記質量分析磁石から前記質量分析スリットまでのカスプ磁場、および前記質量分析スリット以降のカスプ磁場は上下左右4面配置としても良い。

【0118】(7) カスプ磁場を形成するための磁石装置は、ビームライン上でのカスプ磁場の影響が打ち消されるように、ビームラインを挟んで向かい合う磁石のビームラインに面した側の磁極の極性が一致し、向かい合

う磁石の磁場強度が概ね同じになるよう構成される。

【0119】(8) 前記質量分析磁石はその平面形状が略扇形状であり、この場合、該質量分析内のカスプ磁界用磁石は、その磁極方向に関して前記質量分析磁石の内径側から外径側に向けて磁場強度が大きくなるように構成されていることが好ましい。

【0120】(9) カスプ磁場形成用の磁石の配置は、ビームラインからそれぞれの磁石までの距離が等しくなるように配置されるのが好ましい。

10 【0121】(10) ビームラインが4面配置のカスプ磁場形成用の磁石で囲まれた部分では、対向し合う4面のカスプ磁場形成用の磁石はそのビームラインに面した側の極性が、全てN極、または全てS極となるよう配置され、しかもそれらの極性がイオンビームの進行方向に向かって交互に反転しながら繰り返される。

【0122】(11) ビームラインが4面配置のカスプ磁場形成用の磁石で囲まれた部分では、対向し合う4面のカスプ磁場形成用の磁石はそのビームラインに面した側の極性が、上下面はN極で左右面はS極、または上下面はS極で左右面はN極となるよう配置され、しかもそれらの極性がビームの進行方向に向かって交互に反転しながら繰り返されるようにしても良い。

【0123】(12) カスプ磁場の作用するビームラインの空間内に、アルゴン、窒素、キセノンなどの不活性ガスや水蒸気などの分子ガスを微量導入するようにしても良い。この場合、前記分子ガスの導入は前記引出電極近傍または前記質量分析磁石内の空間部にて行われる。

30 【0124】(13) ビームラインを構成する真空容器の内側にカスプ磁場形成用の磁石を設置し、該真空容器の内側の設置箇所には、取り外し可能な支持体を設け、該支持体にカスプ磁場形成用の磁石を取り付けるよう構成しても良い。

【0125】(14) ビームラインを構成する真空容器の外側にカスプ磁場形成用の磁石を設置し、該真空容器の外側の設置箇所には、取り外し可能な支持体を設け、該支持体にカスプ磁場形成用の磁石を取り付けるよう構成しても良い。

40 【0126】(15) 前記支持体は、前記カスプ磁場形成用の磁石が直接イオンビームにさらされないようにするために、前記カスプ磁場形成用の磁石をイオンビームに照射されない方向に支持するか、またはカバーを取り付けることができる構造とされる。

【0127】(16) 前記支持体は、前記カスプ磁場形成用の磁石の温度上昇を防ぎ、該カスプ磁場形成用の磁石側から前記真空容器への熱伝導を効率的に行うため、熱伝導率が100W/mK以上の材質で形成されるのが好ましい。

50 【0128】(17) 前記支持体は、前記カスプ磁場形成用の磁石の温度上昇を防ぐため、冷却媒体を流すこと

ができる構造としても良い。

【0129】(18) 前記支持体の材質は、アルミニウム合金、グラファイト、シリコンのいずれかで構成され、前記カバーの材質も、アルミニウム合金、グラファイト、シリコンのいずれかで構成される。

【0130】(19) 前記真空容器内に設置され、イオンビームの熱負荷により温度上昇の可能性ある位置のカスプ磁場形成用の磁石には、摂氏60度のときの保磁力が残留磁束密度と真空透磁率との積の1.2倍以上の永久磁石を使用する。

【0131】(20) カスプ磁場形成用の磁石には、サマリウム-コバルト系の永久磁石を用いることができる。

【0132】(21) 前記質量分析磁石の磁極間に配置するカスプ磁場形成用の磁石は、前記質量分析磁石の磁極に直接あるいは支持体を介して間接的に固定し、大気側に設置される。

【0133】(22) 前記質量分析磁石の磁極間に配置するカスプ磁場形成用の磁石は、最大分析磁界と真空透磁率との積の1.2倍以上の保磁力をもつ永久磁石を使用することが望ましい。

【0134】(23) カスプ磁場形成用の磁石には、ネオジム-鉄-ボロン系の永久磁石を用いることもできる。

【0135】(24) 各カスプ磁場形成用の磁石は、イオンビームのビーム断面幅以上の磁極幅を有するように構成しても良い。

【0136】尚、図2に示されるように、加速又は減速のための後段電極23を備える場合には、引出電極12と質量分析磁石13前部との間の距離より、質量分析磁石13後部と質量分析スリット14との間の距離を倍以上に長く構成して、質量分析磁石13後部と質量分析スリット14との間に質量分析磁石13を出たイオンビームの収束カスプ輸送空間を設けるようにしても良い。あるいはまた、引出電極12と質量分析磁石13前部との間の距離より、質量分析磁石13後部と質量分析スリット14との間の距離を倍以上に長く構成すると共に、質量分析スリット14と後段電極23を経て基板7に至る距離を質量分析磁石13後部と質量分析スリット14との間の距離の半分以下になるよう短く構成しても良い。

【0137】本発明は、連続したカスプ磁場を形成するために、質量分析磁石磁極体面の範囲内だけでなく、質量分析磁石磁極体面の範囲外において、ビームライン真空容器におけるカスプ磁場形成用磁石の構成を考えたものであり、以下に、その実施の形態として、図15から図18に示される四つの例を挙げて説明する。

【0138】図15は第1の実施の形態であり、質量分析磁石磁極体面101とビームライン真空容器104との間に複数のカスプ磁場形成用磁石103を配置するようにしている。また、質量分析磁石磁極体面101の範

囲外のビームライン真空容器104上にも一定間隔をおいて連続するカスプ磁場形成用磁石103を配置している。カスプ磁場形成用磁石103はビームライン真空容器104に固定される。ここで、ビームライン真空容器104内部において、ビームの通過する真空内でのカスプ磁場強度を大きくするために、ビームライン真空容器104の外面側にカスプ磁場形成用磁石103埋め込み用の掘り込み104aを設けることにより、カスプ磁場形成用磁石103ができるだけビームライン真空容器104内部、すなわち真空側に近くなるように配置している。尚、質量分析磁石磁極体面101とビームライン真空容器104とを異なる電位とするために、質量分析磁石磁極体面101および質量分析磁石磁極体面101の範囲外とビームライン真空容器104との間に絶縁材102を配置することもできる。この場合、絶縁材102は質量分析磁石磁極体面101またはビームライン真空容器104に固定する。絶縁材102としては例えば、樹脂、ガラス、陶器、石材等の非磁性材料が用いられる。尚、質量分析磁石磁極体面101というのは、図5で言えば、質量分析磁石43においてイオンビーム側を向いている面のことである。

【0139】図16は第2の実施の形態であり、本例でも質量分析磁石磁極体面101とビームライン真空容器104との間に複数のカスプ磁場形成用磁石103を配置している。本例では、カスプ磁場形成用磁石103はその収容部106aを持つ第1の支持体106に固定している。第1の支持体106は質量分析磁石磁極体面101に固定している。質量分析磁石磁極体面101の範囲外のビームライン真空容器104にも一定間隔をおいて連続するカスプ磁場を形成するために、質量分析磁石磁極体面101へ第2の支持体105を固定し、第2の支持体105へカスプ磁場形成用磁石103を固定した第1の支持体106の延長部分を固定している。ビームライン真空容器104においては、ビームの通過する真空内でのカスプ磁場強度を大きくするために、ビームライン真空容器104の外面側に掘り込み104aを設け、これにカスプ磁場形成用磁石103を収容部106aごと埋め込むことにより、カスプ磁場形成用磁石103ができるだけビームライン真空容器104内部、すなわち真空側に近くなるように配置している。尚、第1の支持体106には、質量分析磁石磁極体面101および第2の支持体105とビームライン真空容器104との間を異なる電位とするために、上記の絶縁材を使用することもできる。

【0140】図17は第3の実施の形態であり、第1の支持体106を利用して質量分析磁石磁極体面101とビームライン真空容器104との間に複数のカスプ磁場形成用磁石103を配置している。本例でも質量分析磁石磁極体面101の範囲外のビームライン真空容器104にも第1の支持体106の延長部分により一定間隔を

において連続するカスプ磁場形成用磁石 103 を配置している。つまり、カスプ磁場形成用磁石 103 はその収容部 106 a を持つ第 1 の支持体 106 に固定している。第 1 の支持体 106 はビームライン真空容器 104 に固定している。本例でも、ビームライン真空容器 104 において、ビームの通過する真空内でのカスプ磁場強度を大きくするために、ビームライン真空容器 104 の外面側に掘り込み 104 a を設け、これにカスプ磁場形成用磁石 103 を収容部 106 a ごと埋め込むことにより、カスプ磁場形成用磁石 103 ができるだけビームライン真空容器 104 内部、すなわち真空側に近くなるように配置している。第 2 の実施の形態と同様、第 1 の支持体 106 には質量分析磁石磁極体面 101 とビームライン真空容器 104 との間を異なる電位とするために絶縁材を使用することもできる。

【0141】図 18 は第 4 の実施の形態であり、ビームライン真空容器 104 の内面側に掘り込み 104 a を設けてこの掘り込み 104 a に複数のカスプ磁場形成用磁石 103 を配置している。そして、本例でも質量分析磁石磁極体面 101 の範囲外のビームライン真空容器 104 にも一定間隔をおいて連続するカスプ磁場形成用磁石 103 を配置しており、真空側に面している領域はカバー 107 で覆われる。カスプ磁場形成用磁石 103 はビームライン真空容器 104 またはカバー 107 に固定する。カバー 107 はカスプ磁場形成用磁石 103 が直接ビームに晒されないようにすることを目的とするものであり、その材料には Si、Al、Al (Si コーティング付き)、または黒鉛・グラファイト系炭素系材料が好ましい。図 17 の第 3 の実施の形態と同様、質量分析磁石磁極体面 101 とビームライン真空容器 104 を異なる電位とするために、質量分析磁石磁極体面 101 および質量分析磁石磁極体面 101 の範囲外とビームライン真空容器 104 との間に絶縁材 102 を配置することもできる。この場合、絶縁材 102 は質量分析磁石磁極体面 101 またはビームライン真空容器 104 の外面側に固定する。

【0142】イオン注入装置の場合について、以上の第 1 ～第 4 の実施の形態に共通する点をあげると、以下のようになる。すなわち、イオンソースからウエハー処理室に至るビームライン真空容器を有するイオン注入装置において、イオンビームをビームライン真空容器の内部を通してイオンソースからウエハー処理室に至るイオンビームラインを構成し、ビームライン真空容器の一部区間に外側から質量分析磁石を配設するとともに、質量分析磁石の磁極体面の有効磁力作用領域をイオンビームライン内の一部区間に設けるよう構成し、イオンビームラインの連続したビームライン真空容器部分に、連続したカスプ磁場を形成してイオンビームを閉じ込めるための連続したカスプ磁場を形成する磁石装置を配置したと言える。

【0143】あるいはまた、イオンビームをビームライン真空容器の内部を通してイオンソースからウエハー処理室に至るイオンビームラインを構成し、ビームライン真空容器の一部区間に外側から質量分析磁石を配設するとともに、質量分析磁石の磁極体面の有効磁力作用領域をイオンビームライン内の一部区間に設けるよう構成し、有効磁力作用領域手前のイオンビームライン上流側となる質量分析磁石の前方部分から質量分析磁石内の磁極体面の有効磁力作用領域を経て質量分析磁石の有効磁力作用領域外のイオンビームラインの後方部分までのイオンビームラインの連続したビームライン真空容器の部分に、連続したカスプ磁場を形成しイオンビームを閉じ込めるための連続したカスプ磁場を形成する磁石装置を配置したと言える。

【0144】更に、具体的な構造について言えば、以下の点があげられる。ビームライン真空容器の内壁と質量分析磁石内の磁極体面との間の区間にあるビームライン真空容器の内壁に直接、一定間隔をおいて連続したカスプ磁場形成用の磁石体を複数固定保持している。

【0145】ビームライン真空容器の内壁と質量分析磁石内の磁極体面との間の区間にあるビームライン真空容器の外壁に直接、一定間隔をおいて連続したカスプ磁場形成用の磁石体を複数固定保持している。

【0146】ビームライン真空容器の内壁と質量分析磁石内の磁極体面との間の区間にあるビームライン真空容器の内部に、一定間隔をおいて連続したカスプ磁場形成用の磁石体を複数固定保持している。

【0147】ビームライン真空容器の内壁と質量分析磁石内の磁極体面との間の区間にある磁極体面の外壁に直接、一定間隔をおいて連続したカスプ磁場形成用の磁石体を複数固定保持している。

【0148】ビームライン真空容器の内壁と質量分析磁石内の磁極体面との間の区間にある磁極体面の内部に、一定間隔をおいて連続したカスプ磁場形成用の磁石体を複数固定保持している。

【0149】ビームライン真空容器に直接、一定の間隔をおいて連続したカスプ磁場形成用の磁石を複数固定保持している。

【0150】ビームライン真空容器の外側に凹部を設け、カスプ磁場形成用磁石を埋め込み、カスプ磁場形成用磁石をビームライン真空容器内部、すなわち真空側に近づける構造としている。

【0151】ビームライン真空容器の凹部に直接カスプ磁場形成用磁石を嵌合固着することにより、ビームライン真空容器の強度を増すことができる構造としている。

【0152】更に、イオン注入装置におけるビームライン真空容器という観点から説明すると以下の通りになる。ビームライン真空容器の一部区間に質量分析磁石の磁極体面の有効磁力作用領域を設けるよう構成し、質量分析磁石の有効磁力作用領域の前方部分から質量分析磁

10

20

30

40

50

石内の磁極体面の有効磁力作用領域を経て質量分析磁石の有効磁力作用領域の後方部分に至る連続したビームライン真空容器部分に、連続したカスプ磁場形成用の磁石を配設するよう構成したビームラインにおいて、連続したカスプ磁場形成用磁石を、質量分析磁石の磁極体面側に保持体（収容部）を介して、一定の間隔をおいて複数固定保持している。

【0153】そして、質量分析磁石の有効磁力作用領域の前方部分と後方部分とのビームライン真空容器部分範囲においては、保持体を固定するための支持部材を質量分析磁石磁極体面に装着し、質量分析磁石磁極体面および保持体に支持部材を介して一定の間隔をおいて複数固定保持している。

【0154】また、質量分析磁石磁極体面および保持体に支持部材を介して一定の間隔をおいて複数固定保持されたカスプ磁場形成用磁石に対応するビームライン真空容器の部分に凹部を設け、カスプ磁場形成用磁石をビームライン真空容器内部、すなわち真空側に近づける構造としている。

【0155】また、質量分析磁石磁極体面とビームライン真空容器との間に配置するカスプ磁場形成用磁石を固定保持するための保持体または支持部材、あるいは固着手段は絶縁材を使用することにより、質量分析磁石磁極体面とビームライン真空容器との絶縁体として機能させている。

【0156】また、連続したカスプ磁場形成用磁石を、ビームライン真空容器に支持体を介して一定間隔をおいて複数固定保持している。

【0157】また、ビームライン真空容器に埋め込み用の凹部を設け、カスプ磁場形成用磁石をビームライン真空容器内部、すなわち真空側に近づける構造としている。

【0158】また、必要な部分のみビームライン真空容器に埋め込み用の凹部を設けることにより厚みを残す部分ができるようにし、真空の圧力によって破壊しない強度を持った構造としている。

【0159】また、質量分析磁石磁極体面とビームライン真空容器との間に配置するカスプ磁場形成用磁石を固定保持するための支持体は絶縁材を使用することにより、質量分析磁石磁極体面とビームライン真空容器との絶縁体として機能するようにしている。

【0160】また、ビームライン真空容器内部に、連続してカスプ磁場形成用磁石材を一定の間隔をおいて複数固定保持している。

【0161】また、カスプ磁場形成用磁石がイオンビームに晒されないようにするための磁石カバーを設けるようにしている。尚、磁石カバーの材料は、前述のようにSi、Al、Al（Siコーティング付き）または黒鉛・グラファイト系炭素系材料が好ましい。

【0162】また、カスプ磁場形成用磁石はビームライ

ン真空容器に直接、または保持体を介して固定保持している。

【0163】また、ビームライン真空容器の壁内部に埋め込み用の凹部を設け、カスプ磁場形成用磁石を埋め込む構造としている。

【0164】また、カスプ磁場形成用磁石はカバー保持体を介してビームライン真空容器内部に固定保持している。

【0165】また、ビームライン真空容器の真空側に凹部を設け、カスプ磁場形成用磁石を埋め込み、カスプ磁場形成用磁石をビームライン真空容器内部、すなわち真空側に近づける構造としている。

【0166】尚、ビームライン真空容器の壁面を薄くすることで、ビームライン真空容器内部においてより大きなカスプ磁場強度を得ることができるが、ビームライン真空容器壁面全面を薄くすると、真空の圧力によりビームライン真空容器が破損する恐れがある。そのため、カスプ磁場形成用磁石が配置される部分のビームライン真空容器壁面のみを掘り込むことで、ビームライン真空容器の壁面を薄くし、かつ残りの部分の強度でビームライン真空容器が真空の圧力に耐え得る構造としている。

【0167】図15の形態の場合、カスプ磁場形成用磁石103をビームライン真空容器104の掘り込み104aに直接固定することにより、カスプ磁場形成用磁石103をビームライン真空容器104の壁面の一部とみなすことができるため、ビームライン真空容器104の機械的強度を得ることができる。

【0168】図16および図17の形態の場合、カスプ磁場形成用磁石103は第1の支持体106に固定しているため、ビームライン真空容器104の取外し時および取付け時には、カスプ磁場形成用磁石103の存在の影響を受けることなく個別に取り扱うことができる。また、図16および図17の形態の場合、第1の支持体106は絶縁材として機能するため、ビームライン真空容器104と質量分析磁石磁極体面101および質量分析磁石磁極体面101に延長するように取付けた第2の支持体105（図16の場合）とを異なる電位とすることができる。

【0169】図18の形態の場合、カスプ磁場形成用磁石103をビームライン真空容器104の内面側に直接配置するため、カスプ磁場強度をより大きくすることができる。

【0170】図19から図23までは、図15から図18までの形態の一部構成を変更した変更例を示し、ビームライン真空容器とその構成部材、カスプ磁場形成用磁石、磁石の支持体、絶縁支持材、補強体等の具体的構成の断面図を示す。尚、図19（b）、図19（c）及び図22（b）、図22（c）においては、便宜上、1つのカスプ磁場形成用磁石の周辺部のみについて図示している。

【0171】図19は、図15の形態の変更例を示す。図19(a)において、ビームライン真空容器104において隣り合うカスプ磁場形成用磁石103の間の凸部(リブ)を無くし、絶縁材102とビームライン真空容器104との間に一定間隔をおいてカスプ磁場形成用磁石103を挟むようにしている。これにより隣り合うカスプ磁場形成用磁石103の間にできる空間には、補強体109と磁石固定体110とを配置している。逆に言えば、絶縁材102にカスプ磁場形成用磁石103を固定するための環状あるいは角形状の磁石固定体110を設けてカスプ磁場形成用磁石103を固定し、隣り合う磁石固定体110の間に補強体109を配置している。磁石固定体110はカスプ磁場形成用磁石103よりも厚さにおいて薄い、補強体109は絶縁材102とビームライン真空容器104との間の空間と同じ厚さを持つ。

【0172】図19(b)においては、図19(a)における磁石固定体110の厚さを補強体110と同じ厚さにして絶縁材102とビームライン真空容器104との間に空間ができないようにしている。

【0173】図19(c)においては、図19(a)における磁石固定体110を無くして隣り合うカスプ磁場形成用磁石103の間の空間を補強体109で塞ぐようにしている。

【0174】図19(a)～(c)において、上記の説明以外の部分は図15の形態と同じである。

【0175】図19の変更例においては、ビームライン真空容器104の肉厚が図15の形態に比べて薄くなるが、絶縁材102及び補強体109で機械的強度の補強が行われる。尚、補強体109の材料にはA1、樹脂、セラミック等の強度部材で非磁性体のものを使用することができる。

【0176】図20は、図16の形態の変更例を示す。この変更例では、ビームライン真空容器104において隣り合うカスプ磁場形成用磁石103の間に存在する凸部(リブ)を無くし、代わりに図19で説明した補強体109を埋め込むようにした例である。それ以外の部分は、図16の形態と同じである。本例でもビームライン真空容器104の肉厚が図16の形態に比べて薄くなるが、第1の支持体106及び補強体109で機械的強度の補強が行われる。

【0177】図21は、図17の形態の変更例を示す。つまり、図17ではカスプ磁場形成用磁石103の収容部106aは第1の支持体106と一体であるが、本例では別部材による補間体111で保持して掘り込み104aに埋め込むようにしている。その他の部分については図17の形態と同じである。

【0178】図22は、図18の形態と図19の変更例との組み合わせとも言うべき例である。つまり、図18の形態においてビームライン真空容器104の内面側に

存在するカスプ磁場形成用磁石103間の凸部(リブ)を無くし、これによりできる空間に図19で説明した補強体110と磁石固定体109との組み合わせあるいは補強体110のみを配置するようにした変更例である。

【0179】詳しく説明すると、図22(a)は図18の形態と図19(a)の変更例との組み合わせである。つまり、ビームライン真空容器104とカバー107との間に、磁石固定体110で保持したカスプ磁場形成用磁石103を一定間隔をおいて配置し、これによりできる空間を補強体109で埋めるようにしている。尚、磁石固定体110はその厚さがビームライン真空容器104とカバー107との間の距離より小さいので、カスプ磁場形成用磁石103と補強体109との間には小さい空間ができる。

【0180】図22(b)は、図18の形態と図19(b)の変更例との組み合わせである。つまり、磁石固定体110の厚さを大きくすることにより、図22(a)においてカスプ磁場形成用磁石103と補強体109との間に存在する空間を埋めるようにしたものである。

【0181】図22(c)は、図18の形態と図19(c)の変更例との組み合わせである。つまり、隣り合うカスプ磁場形成用磁石103の間を補強体109だけで埋めるようにした例である。

【0182】図22(a)～(c)において、上記の説明以外の部分は図18の形態あるいは図19の変更例と同じである。

【0183】図23は、カスプ磁場形成用磁石103の固定方法の形態を、1個のカスプ磁場形成用磁石103の周辺について示した図である。図23(a)は、前に述べた第1の支持体106あるいは補強体109と同様の材料を用い、分割式の2つの中間体115でカスプ磁場形成用磁石103で挟むようにした例である。つまり、中間体115はそれぞれ、一定間隔をおいてカスプ磁場形成用磁石103を埋め込むための凹部を有し、これらの凹部にカスプ磁場形成用磁石103を収容するようにしている。中間体115には重量を軽くするための捨て穴115aを設けることが好ましい。

【0184】図23(b)は、前に述べた第1の支持体106あるいは補強体109と同様の材料を用い、中間体115'にカスプ磁場形成用磁石103を嵌着可能な穴115bを設けることにより、この穴115bにカスプ磁場形成用磁石103を嵌め込んで固定可能にしている。勿論、この中間体115'にも重量を軽くするための捨て穴を設けるようにしても良い。

【0185】また、図23(a)、(b)いずれの例においても、中間体115、115'はビームライン真空容器104の壁そのものであっても良い。この場合、前に述べた例のように、中間体115、115'の外側あるいは内面側に、絶縁材102や第1の支持体106

のようなものを補強のために組み合わせるようにしても良い。

【0186】図24は、図15のA-A線による断面図である。図24(a)において、ここではビームライン真空容器104は、上下の壁部材104-1、104-2の両側端にそれぞれ、側壁部材104-3、104-4をボルト118で固定することにより構成される。これらの接合部には真空を維持するためのシール部材119を設けている。

【0187】図24(b)は、ビームライン真空容器104を、上下の壁部材104-1、104-2の両端における内面側に側壁部材104-3、104-4を嵌め込んでボルト118で固定することにより構成している。これらの接合部には真空を維持するためのシール部材119を設けている。この例では、絶縁材102を組み付けるために、ボルト118の頭部を上下の壁部材104-1、104-2に埋め込むようにしているが、絶縁材102の上からボルトを挿通するようにしても良い。

【0188】図24(c)は、ビームライン真空容器104を上下の壁部材104-5、104-6から成る上下2分割式にし、これらをボルト118で締め付け固定するようにしたものである。図24(a)～図24(c)のいずれにおいても、絶縁材102はボルト等でビームライン真空容器104に取り付けられる。

【0189】図25は、図16のB-B線による断面図である。尚、本図では図示を省略しているが、ビームライン真空容器104は、上記の図24(a)～図24(c)と同様の構造で実現される。図25においては、第1の支持体106はボルト等でビームライン真空容器104に取り付けられる。

【0190】図26は、図18のC-C線による断面図である。

【0191】図27は、カスプ磁場形成用磁石103の固定構造の更に他の例を示す。この例は、図17に示した形態の変更例とも言える。つまり、ビームライン真空容器104の外側面に一定間隔をおいて凹部を形成し、これらの凹部にカスプ磁場形成用磁石103を配置するようにしているが、図17の第1の支持体106は使用せずに、複数のピン等でカスプ磁場形成用磁石103をビームライン真空容器104の凹部に固着する。カスプ磁場形成用磁石103とリブとの間には空間ができるが、この空間には何も設けない。また、ビームライン真空容器104の機械的強度の向上のために、一点鎖線で示すように、ビームライン真空容器104の左右の側壁には上下のリブに対応する部分に補強板120を設けるようにしても良い。この例でも、ビームライン真空容器104は、上記の図24(a)～図24(c)と同様の構造で実現される。

【0192】図28は、カスプ磁場形成用磁石103の

配置とビームライン真空容器104の構造の更に他の例を示す。この例では、ビームライン真空容器104は上下の壁部材104-1、104-2と、左右の側壁部材104-3、104-4で形成するが、これらを4つのコーナ部において補強体125で結合するようにしている。ビームライン真空容器104の内面側にはカバー107が設けられる。この例では特に、カスプ磁場形成用磁石103を上下の壁部材104-1、104-2だけでなく、左右の側壁部材104-3、104-4にも埋め込むようにしている。

【0193】このようにカスプ磁場形成用磁石103をビームライン真空容器104における左右の側壁部材104-3、104-4にも埋め込む配置構成は、これまで述べてきたいずれの例にも適用可能であることは言うまでもない。また、カスプ磁場形成用磁石103をビームライン真空容器104の外側面から埋め込むようにしているが、前に述べたように、ビームライン真空容器104の内面側から埋め込むようにしても良いことも勿論である。

【0194】図29は、カスプ磁場形成用磁石103の配置とビームライン真空容器104の構造の更に他の例を示す。この例では、ビームライン真空容器104を断面多角形、ここでは六角形状とし、その6つの外面のそれぞれにカスプ磁場形成用磁石103を配置するようにしている。カスプ磁場形成用磁石103の固定保持のために、第1の支持体106と同様の材料による支持体130が用いられる。この支持体130は、長さ方向に一定間隔をおいてカスプ磁場形成用磁石103を埋め込むための凹部を持つ板状部材であり、ビームライン真空容器104にボルト等により固定される。この例でも、カスプ磁場形成用磁石103を支持体130の外側面から埋め込むようにしているが、支持体130の内面側から埋め込むようにしても良いことは勿論である。あるいはまた、図27の例と同様に、ビームライン真空容器104の全体形状を図29の形状としてその内面側または外側面からカスプ磁場形成用磁石103を埋め込むようにしても良い。内面側から埋め込む場合には前に述べたカバー107と同様のカバーで覆うことが必要となる。

【0195】図30は、カスプ磁場形成用磁石103の配置とビームライン真空容器104の構造の更に他の例を示す。この例では、ビームライン真空容器104を断面円形の円筒状とし、その外周側を4つに区画してそれぞれに円弧状のカスプ磁場形成用磁石103を配置するようにしている。つまり、円筒状のビームライン真空容器104は長さ方向に関して言えば、一定間隔をおいて円弧状のカスプ磁場形成用磁石103を埋め込むための凹部104aが周方向に形成されている。隣り合う凹部の間の肉厚部分はリブとなる。勿論、カスプ磁場形成用磁石103の磁極の向きはこれまでの例と同様、ビームライン真空容器104の内側に向けてN極あるいはS

極、外側に向けてS極あるいはN極となるように着磁されている。周方向に関して隣り合うカスプ磁場形成用磁石103の間には、スペーサ135が設けられる。尚、カスプ磁場形成用磁石103をビームライン真空容器104の内面側から埋め込むようにすることも可能ではあるが、この場合には内面側を図18で説明したようなカバーで覆うことが必要となる。また、ビームライン真空容器104を、図に示されている肉薄部分のみとし、リブ部に対応する部分は前に述べた補強体109と同様の材料によるリング体で構成するようにしても良い。

【0196】いずれにしても、図28～図30のような磁石配置によれば、ビームラインにおけるカスプ磁場強度をより大きくすることができる。

【0197】図24から図30の構成について、イオン注入装置の場合について共通する点をあげると、以下のようになる。すなわち、イオンソースからウエハー処理室に至るビームライン真空容器を有するイオン注入装置において、イオンビームをビームライン真空容器の内部を通してイオンソースからウエハー処理室に至るイオンビームラインを構成し、イオンビームラインを構成するビームライン真空容器のイオンビームラインと直交する断面形状を多角形状または円形状となるパイプ状とし、イオンビームラインを構成するビームライン真空容器の一部区間または全部区間において、パイプ状となるビームライン真空容器の内側壁を薄肉状となるよう構成するとともに該内側壁の外側に補強部材を配置したと言える。

【0198】あるいはまた、イオンビームをビームライン真空容器の内部を通してイオン源から処理室に至るイオンビームラインを構成し、イオンビームラインを構成するビームライン真空容器のイオンビームラインと直交する断面形状を多角形状または円形状となるパイプ状とし、イオンビームラインを構成するビームライン真空容器の一部区間または全部区間において、パイプ状となるビームライン真空容器の外側壁を薄肉状となるよう構成するとともに該外側壁の内側に補強部材と内側壁材を配置したと言える。

【0199】更に、具体的な構造について言えば、以下の点があげられる。イオンビームラインを構成するビームライン真空容器の一部区間は、イオンビームラインを構成するビームライン真空容器のイオン源近傍位置に配置される質量分析磁石の区間を含むよう構成している。

【0200】そして、補強部材を規則的な間隔で配置している。

【0201】また、補強部材として連続したカスプ磁場形成用の磁石体を規則的な間隔で配置している。

【0202】あるいはまた、補強部材と連続したカスプ磁場形成用の磁石体とを交互に規則的な間隔で配置している。

【0203】また、多角形状または円形状となるパイプ

状ビームライン真空容器の形状に合わせて、補強部材と連続したカスプ磁場形成用の磁石体とを交互に規則的な間隔で、多角形状または円形状となるパイプ状ビームライン真空容器の対向する少なくとも一組の部位に配置している。

【0204】また、イオンビームラインと直交する方向に補強部材を補強リブとして適宜な間隔で配置している。勿論、このような補強部材は、イオンビームラインと同方向あるいは斜め方向に補強リブとして適宜な間隔で配置されても良い。

【0205】また、補強部材と連続したカスプ磁場形成用の磁石体とを交互に密接して配置している。

【0206】また、薄肉状となるよう構成したビームライン真空容器の内側壁または外側壁を、多角形状または円形状となるパイプ状ビームライン真空容器の形状に合わせて、補強部材を設けないところは肉厚状に構成している。

【0207】図31は、質量分析磁石の一方の磁極体面を形成している構成要素を他方の磁極体面を形成している構成要素に対してその間隔が広がるように部分的着脱式に構成した例を示している。つまり、質量分析磁石の一方の磁極体面を形成している構成要素をヒンジ等の手段により回転自在にしている。尚、ここではビームライン真空容器104のみを概略的に示し、前に述べたようなカスプ磁場形成用磁石は図示を省略している。

【0208】つまり、この例をイオン注入装置に適用した場合について言えば、イオンソースから引出電極を経て引き出されたイオンを、質量分析磁石と質量分析スリットにて質量分析し、そのままイオンを輸送するか、あるいは加速又は減速を行って基板にイオンを注入するとともに、質量分析磁石の前方部分から質量分析磁石内を経て質量分析磁石の後方部分に至る連続したイオンビームラインを設け、質量分析磁石の一方の磁極体面側を他方の磁極体面側に対してその間隔が広がるように部分的着脱式に構成したものと言える。

【0209】

【発明の効果】本発明では、イオンソースから引出電極を経て引き出されたイオンを、質量分析磁石と質量分析スリットにて質量分析し、そのままイオンを輸送するか、あるいは加速または減速を行って、基板にイオンを注入するイオン注入装置において、基板までのビームラインに沿って、適所にカスプ磁場を設けることにより、ビームライン近傍に存在する電子や負イオンの密度を増大させることができる。また、カスプ磁場を設けることにより、負の荷電粒子が空間に多く存在することで、イオンビームの正電荷同士の反発、すなわち空間電荷効果が緩和される。

【0210】その結果、イオンビームが大きく広がらず、失われることもなくなるので、イオンビーム電流値を大きく増加させることができる。この効果は、特に空

10

20

30

40

50

間電荷効果が強く作用する低エネルギーのイオンビームにおいて顕著であり、優れた低エネルギーイオン注入装置を得ることができる。

【0211】ビームライン真空容器を利用して、カスプ磁場形成用磁石を、ビームラインに対して、正確に精度よく位置決め固定することができ、さらに、取付取外・配置組み立て作業が簡単に行なうことができる。

【0212】また、質量分析磁石磁極体面とビームライン真空容器との間に配置するカスプ磁場形成用磁石を固定保持するための保持体または支持部材、固着手段は絶縁材を使用することにより、質量分析磁石磁極体面とビームライン真空容器との絶縁体として機能させることができ、独立した電位を保つよう任意の電位の設定が可能となった。

【0213】ビームライン真空容器を肉薄に構成した場合でも、磁石と補強部材等により、容器壁の厚みを得ることができ、真空の圧力によって破壊しない強度を持った構造とすることができる。

【0214】必要な部分のみビームライン真空容器に凹部を設けるかあるいは掘り込むことにより磁石を埋め込むことができ、ビームライン真空容器の壁に厚みを残す部分ができ、真空の圧力によって破壊しない強度を持った構造とすることができる。

【0215】カスプ磁場形成用磁石が配置される部分のビームライン真空容器壁面のみを掘り込むことで、ビームライン真空容器の壁面を薄くし、かつ残りの部分の強度でビームライン真空容器が真空の圧力に耐え得る構造となる。

【0216】また、図15、図18のような構造の場合、カスプ磁場形成用磁石をビームライン真空容器の掘り込みに直接固定することにより、カスプ磁場形成用磁石をビームライン真空容器の壁面の一部とみなすことができるため、ビームライン真空容器の強度を得ることができる。

【0217】一方、図16、図17のような構造の場合、カスプ磁場形成用磁石は支持体に固定しているため、ビームライン真空容器の取外し時および取付け時には、カスプ磁場形成用磁石の影響を受けることなく個別に取り扱うことができる。

【0218】また、図16および図17のような構造の場合、支持体は絶縁材として機能させることができるため、ビームライン真空容器と質量分析磁石磁極体面および質量分析磁石磁極体面を延長するように取付けた支持体とを異なる電位とすることができる。

【0219】図18のような構造の場合、カスプ磁場形成用磁石をビームライン真空容器の内面側に直接配置するため、カスプ磁場強度をより大きくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明が適用されるイオン注入装置の一般的構

成を示した断面図である。

【図2】本発明が適用される、後段減速又は加速機能付きのイオン注入装置の一般的構成を示した断面図である。

【図3】略均一磁界中(a)、不均一磁界中(b)での電子の軌道を説明するための図である。

【図4】カスプ磁界中での電子の軌道を説明するための図である。

【図5】図1のイオン注入装置に本発明を適用した場合のカスプ磁場形成用の磁石配置を示した断面図である。

【図6】図5のカスプ磁場形成用の磁石配置を平面図で示したものである。

【図7】カスプ磁場形成用の磁石を上下2面に配置する場合のカスプ磁界について説明するための図である。

【図8】図7の磁石配置を遠近法によりイオンビームの方向から示した図である。

【図9】カスプ磁場形成用の磁石を上下左右4面に配置する場合の第1の例によるカスプ磁界について説明するための図である。

【図10】図9の磁石配置を遠近法によりイオンビームの方向から示した図である。

【図11】カスプ磁場形成用の磁石を上下左右4面に配置する場合の第2の例によるカスプ磁界について説明するための図である。

【図12】図11の磁石配置を遠近法によりイオンビームの方向から示した図である。

【図13】質量分析磁石の磁界とイオンビームの関係(a)及び質量分析磁石の磁極にカスプ磁場形成用の磁石を配置した場合の磁界とイオンビームの関係(b)を示した図である。

【図14】イオン注入装置におけるイオンビームによる2次電子の発生について説明するための図である。

【図15】本発明の第1の形態として、質量分析磁石及びその近傍におけるカスプ磁場形成用磁石の配置を示す断面図である。

【図16】本発明の第2の形態として、質量分析磁石及びその近傍におけるカスプ磁場形成用磁石の配置を示す断面図である。

【図17】本発明の第3の形態として、質量分析磁石及びその近傍におけるカスプ磁場形成用磁石の配置を示す断面図である。

【図18】本発明の第4の形態として、質量分析磁石及びその近傍におけるカスプ磁場形成用磁石の配置を示す断面図である。

【図19】図15の形態の変更例を3つの例について示した断面図である。

【図20】図16の形態の変更例を示した断面図である。

【図21】図17の形態の変更例を示した断面図である。

【図22】図18と図19の変更例を組み合わせた他の変更例を3つの例について示した断面図である。

【図23】本発明によるカusp磁場形成用磁石の固定保持構造の他の例を2つの例について説明するための断面図である。

【図24】本発明によるビームライン真空容器の構造を図15の形態に適用した場合の3つの例について説明するための、図15のA-A線による断面図である。

【図25】図16のB-B線による断面図である。

【図26】図18のC-C線による断面図である。

【図27】ビームライン真空容器に組み合わされるカusp磁場形成用磁石の固定保持構造の更に他の例を説明するための斜視図である。

【図28】本発明によりビームライン真空容器に組み合わされるカusp磁場形成用磁石の配置の更に他の例を説明するための断面図である。

【図29】本発明によるビームライン真空容器の構造の他の例及びこれに組み合わされるカusp磁場形成用磁石の配置例を説明するための正面図である。

【図30】本発明によるビームライン真空容器の構造の更に他の例及びこれに組み合わされるカusp磁場形成用磁石の配置例を説明するための正面図及びそのD-D線による断面図である。

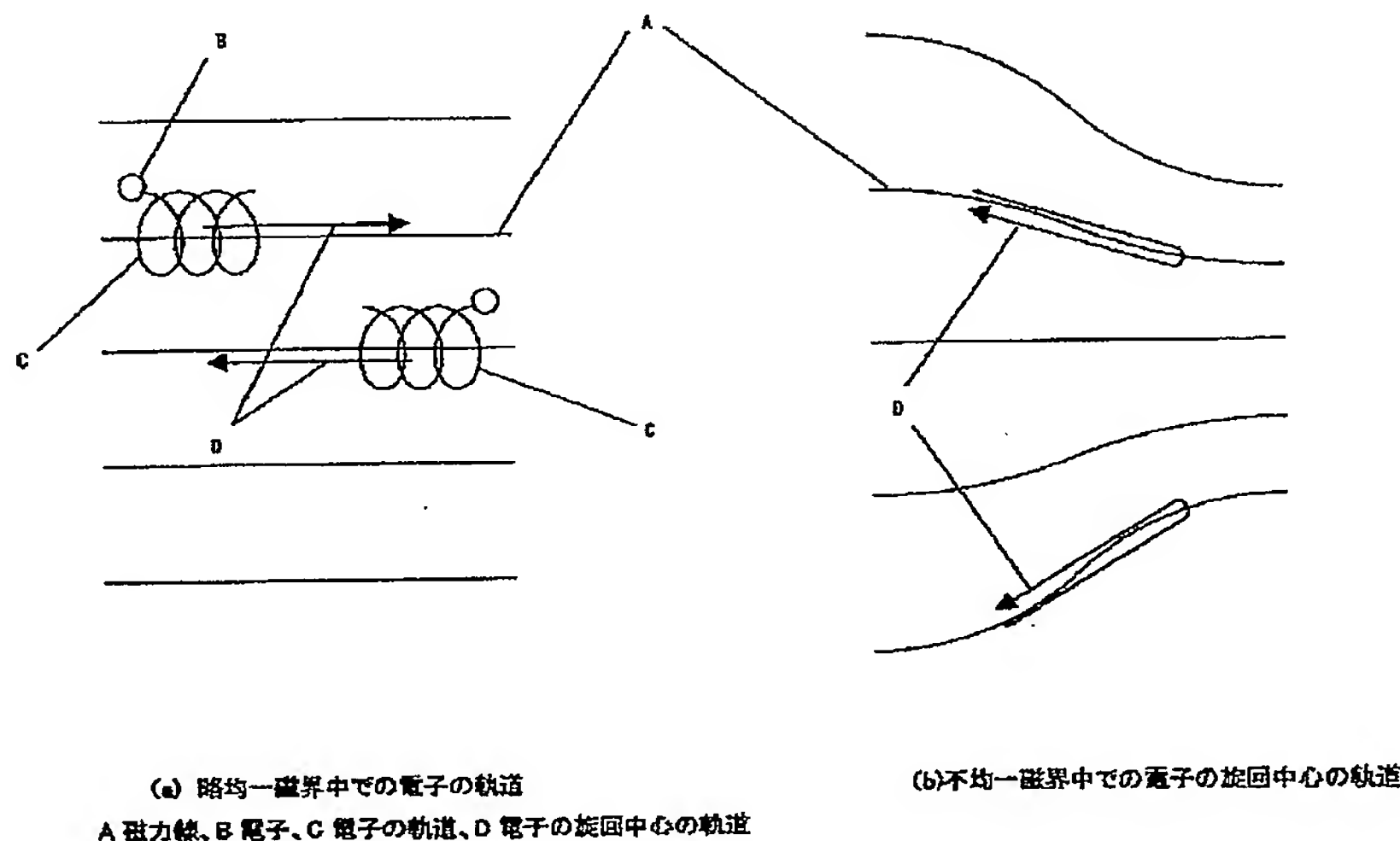
【図31】本発明により質量分析磁石の構成要素の一部

を着脱自在とする構造を概略的に示した正面図である。

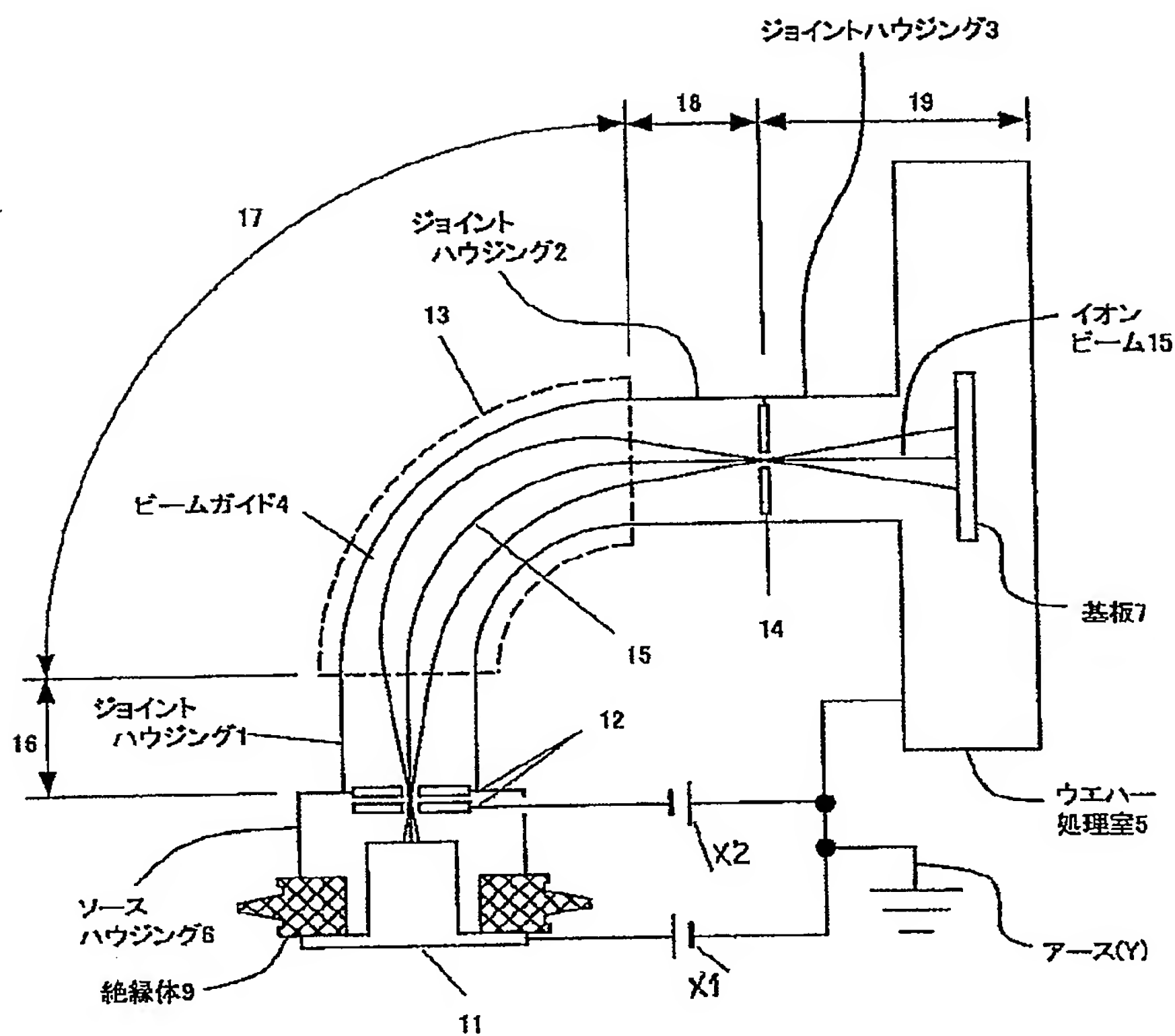
【符号の説明】

- | | |
|---------|-------------|
| 5 | ウェハー処理室 |
| 7、204 | 基板 |
| 8 | 絶縁部材 |
| 9 | 絶縁体 |
| 11 | イオンソース |
| 12、201 | 引出電極 |
| 13 | 質量分析磁石 |
| 14、203 | 質量分析スリット |
| 15 | イオンビーム |
| 104 | ビームライン真空容器 |
| 101 | 質量分析磁石の磁極体面 |
| 102 | 絶縁材 |
| 103 | カusp磁場形成用磁石 |
| 105 | 第2の支持体 |
| 106 | 第1の支持体 |
| 107 | カバー |
| 109、120 | 補強体 |
| 110 | 磁石固定体 |
| 111 | 補間体 |
| 115 | 中間体 |
| 130 | 支持体 |
| 135 | スペーサ |

【図3】

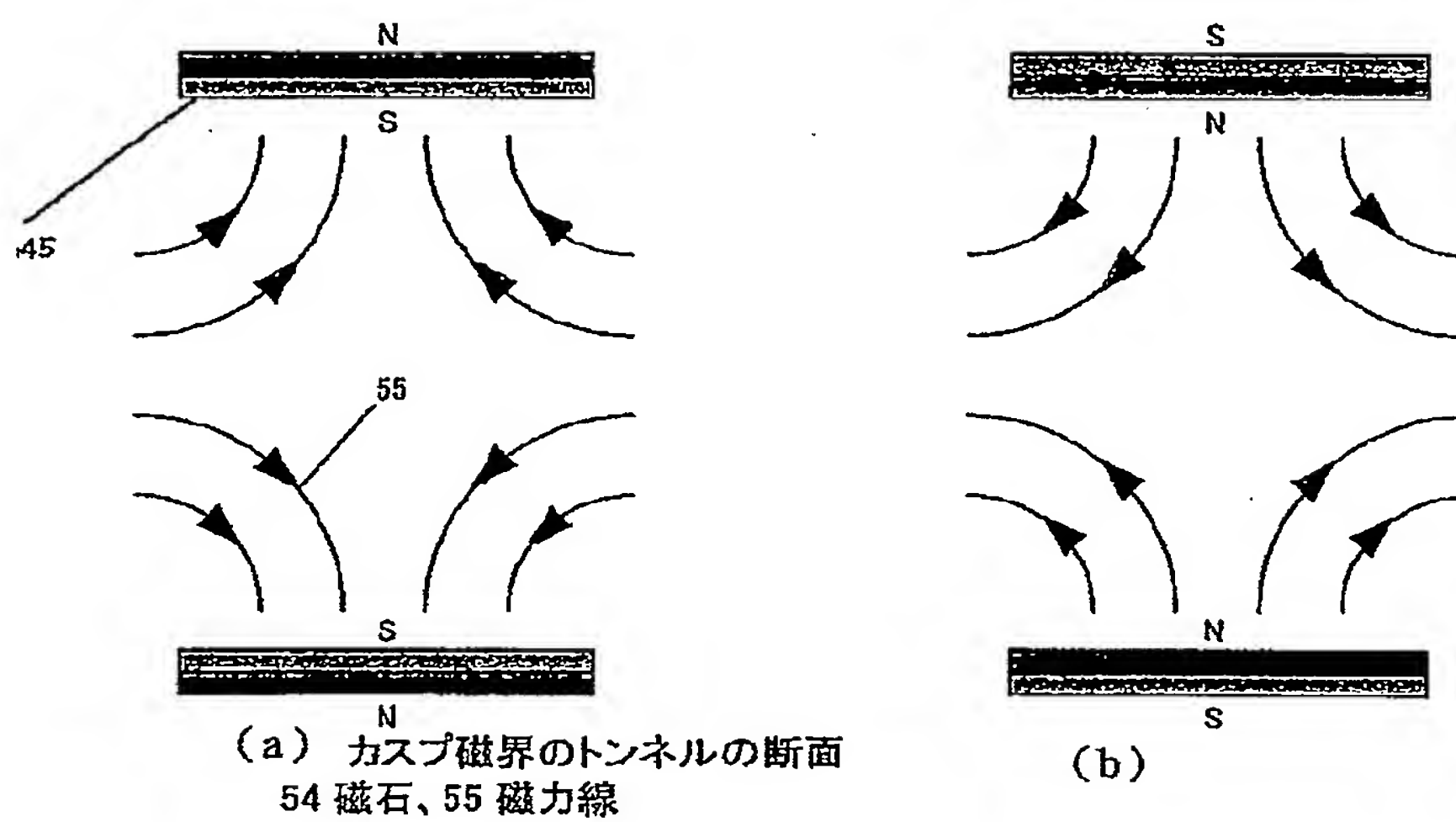


【図1】

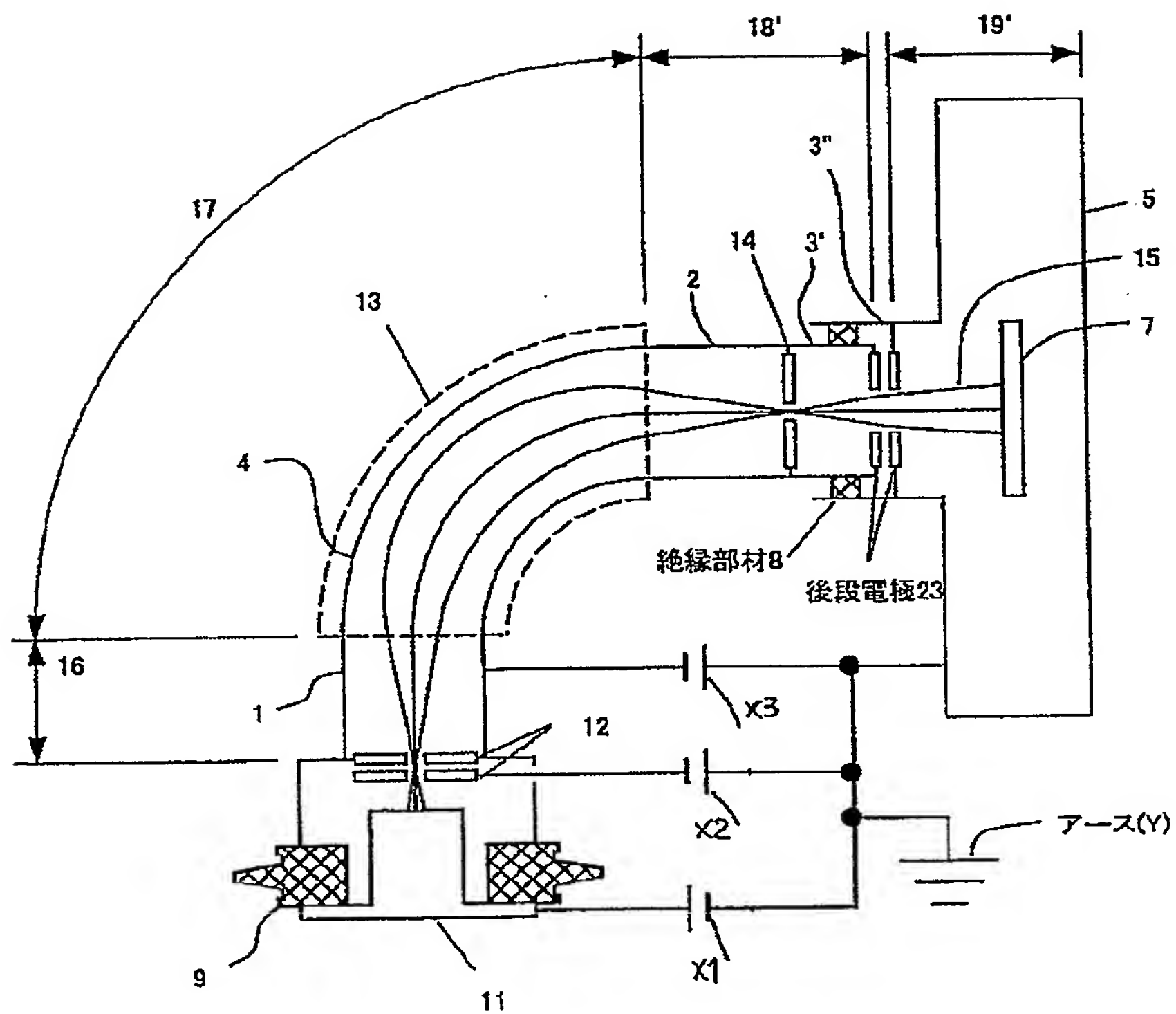


イオン注入装置のビームラインの一般的構成
 11 イオンソース、12 引出電極、13 質量分析磁石の磁極部材の範囲、14 質量分析スリット、15 イオンビーム、16 分析磁石前方区間、17 質量分析磁石区間、18 分析磁石後方区間、19 注入区間

【図7】

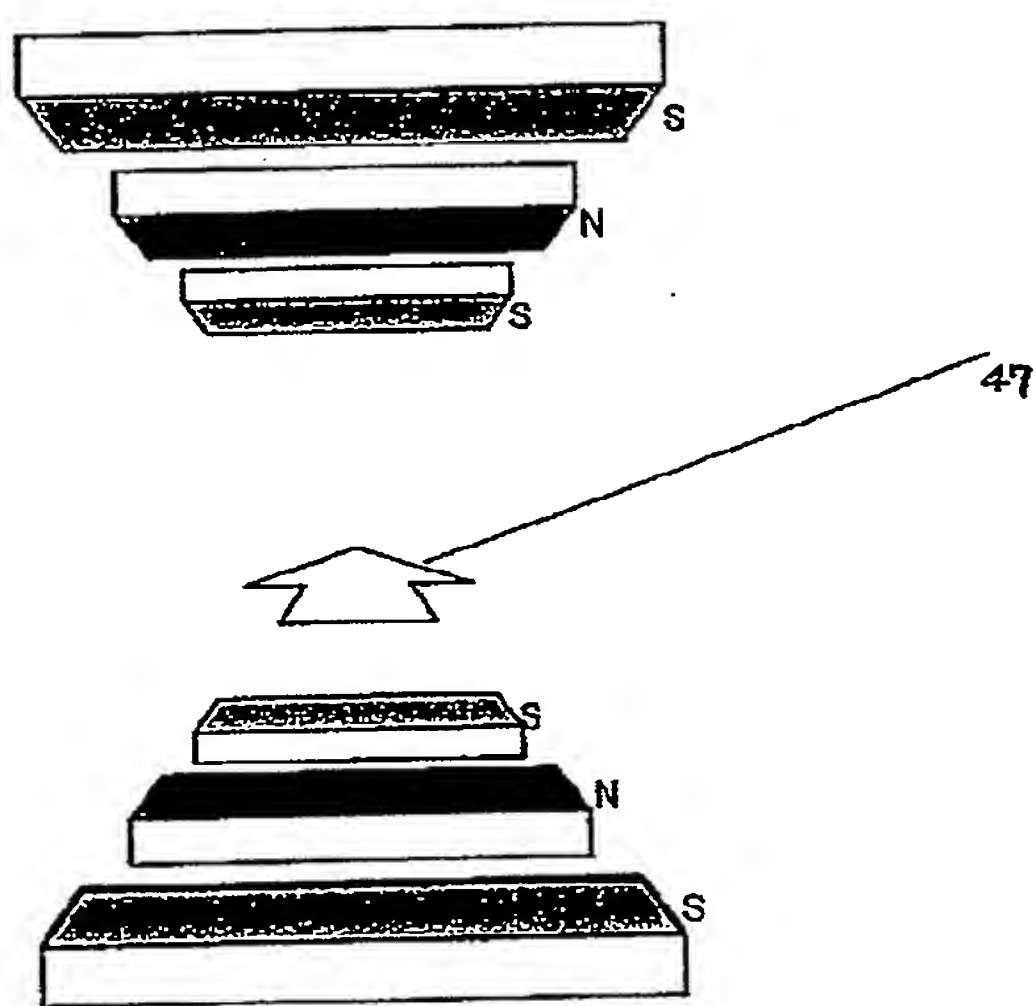


【図2】



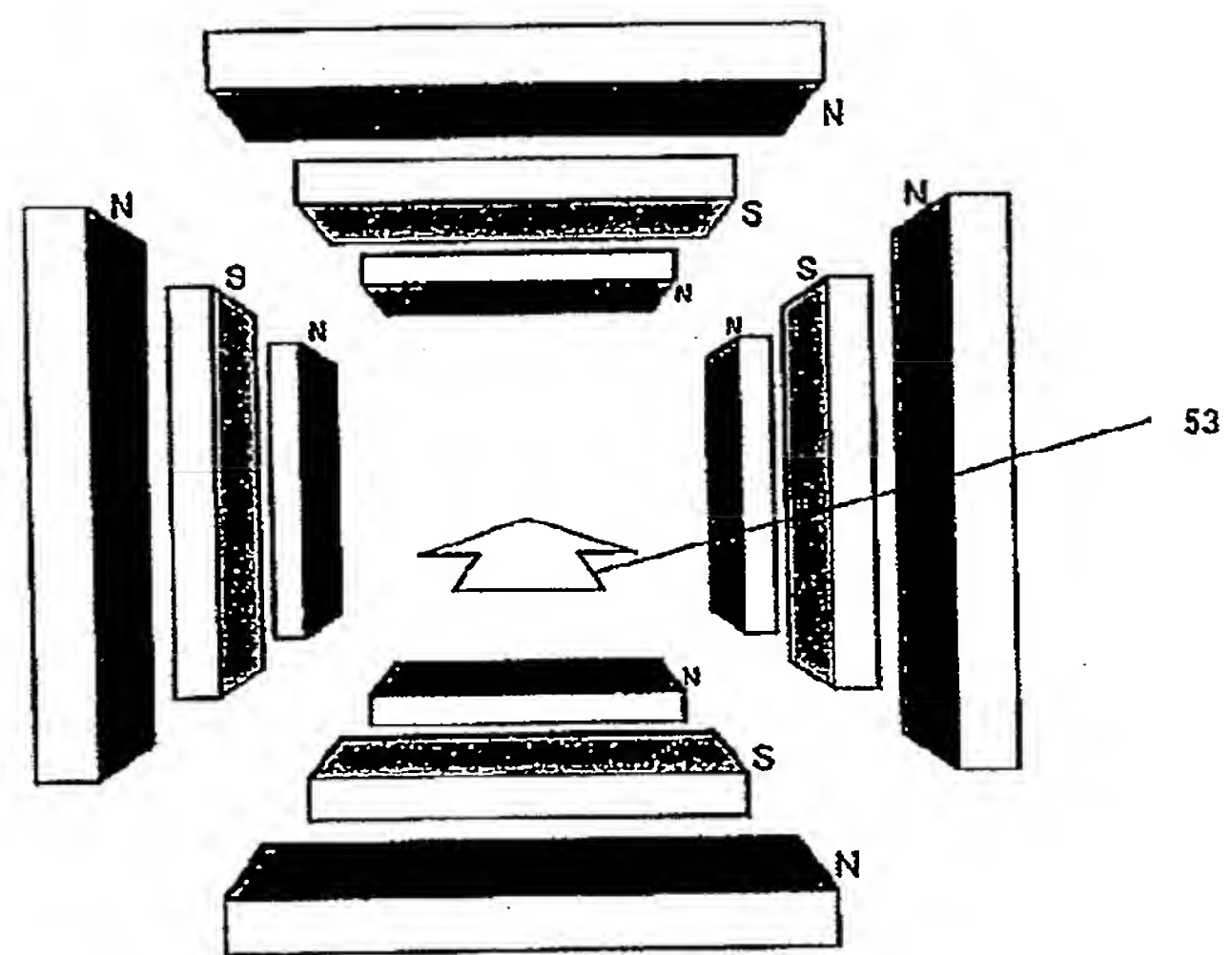
後段減速を用いるイオン注入装置のビームラインの一般的構成
 11 イオンソース、13質量分析磁石の磁極部材の範囲、14 質量分析スリット、16 分析磁石前方区間、17 質量分析磁石区間、18' 分析磁石後方区間、19' 注入区間、23 後段電極

【図8】



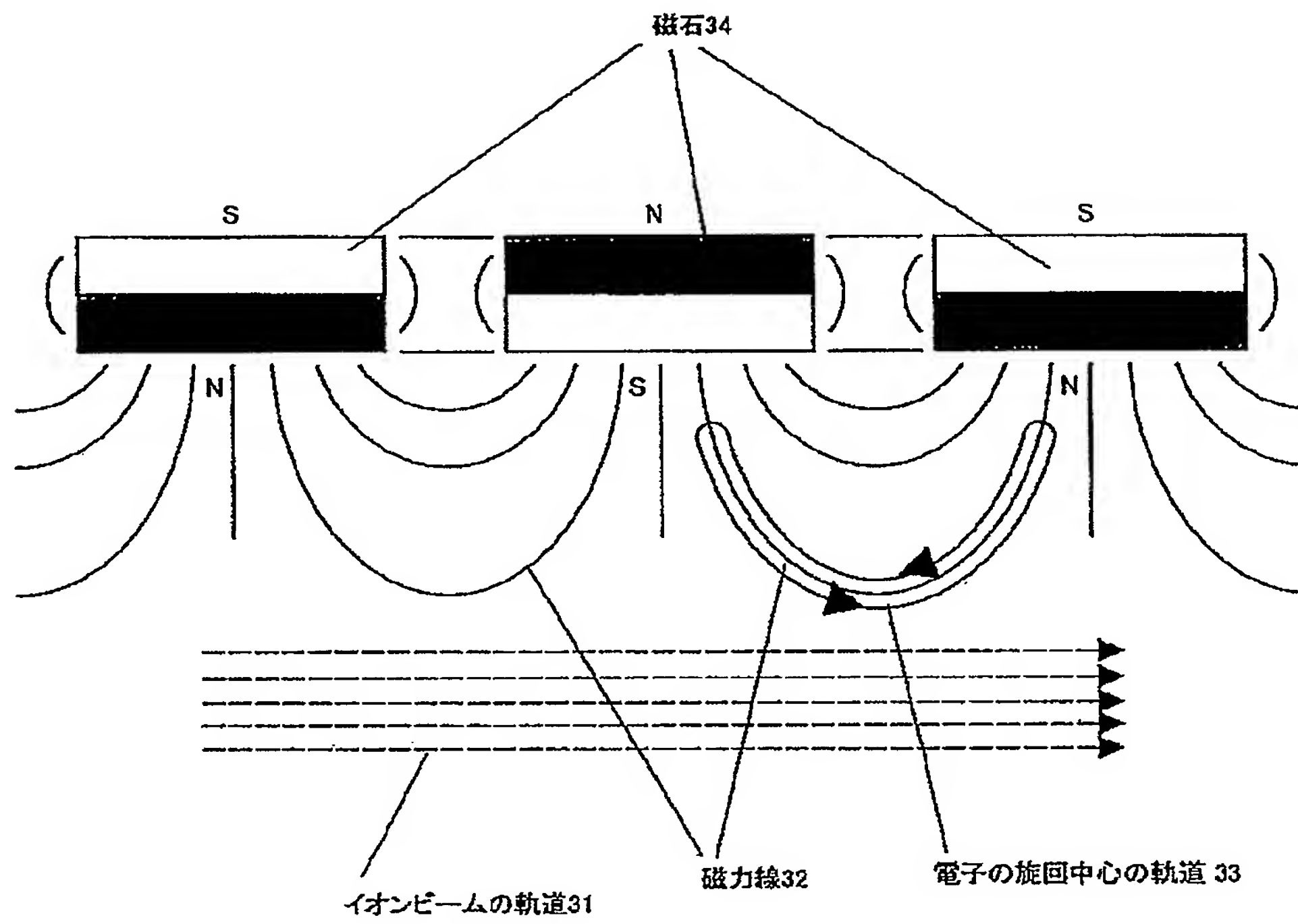
カスプ磁界のトンネルの磁石配置
 47 イオンビームの方向、紙面に垂直手前から奥

【図10】



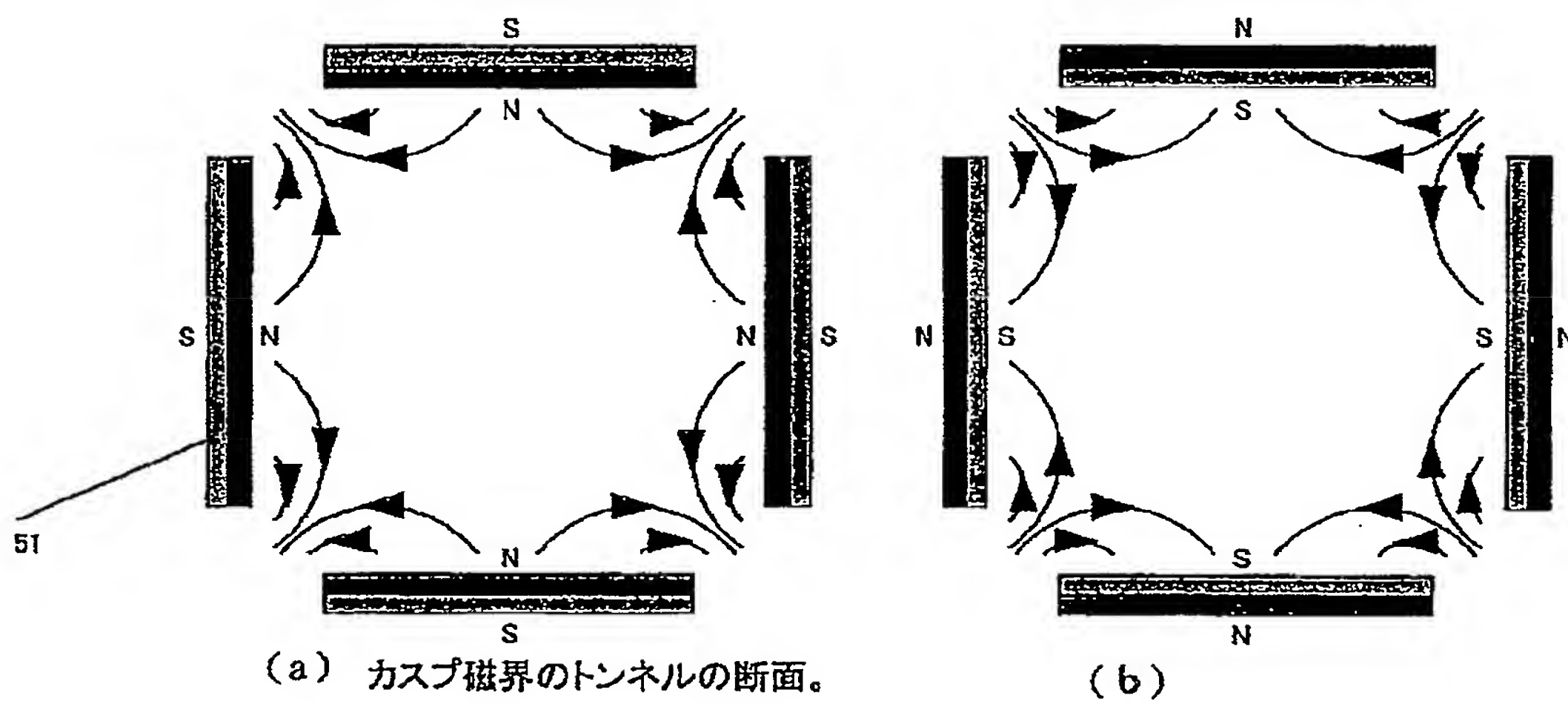
カスプ磁界のトンネルの磁石配置
 53 イオンビームの方向、紙面に垂直手前から奥

【図4】

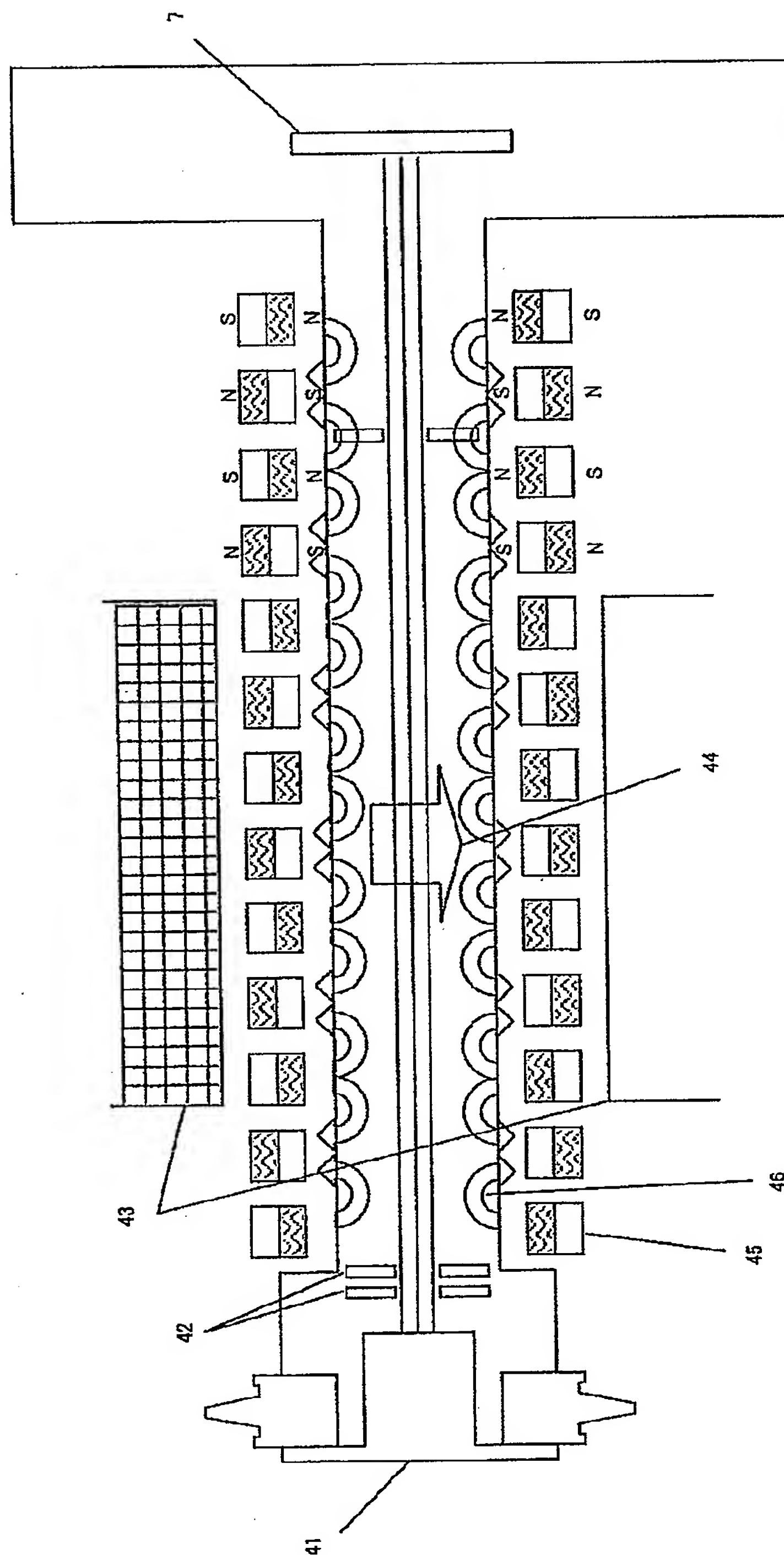


カusp磁界中での電子の旋回中心の軌道

【図9】



【図 5】

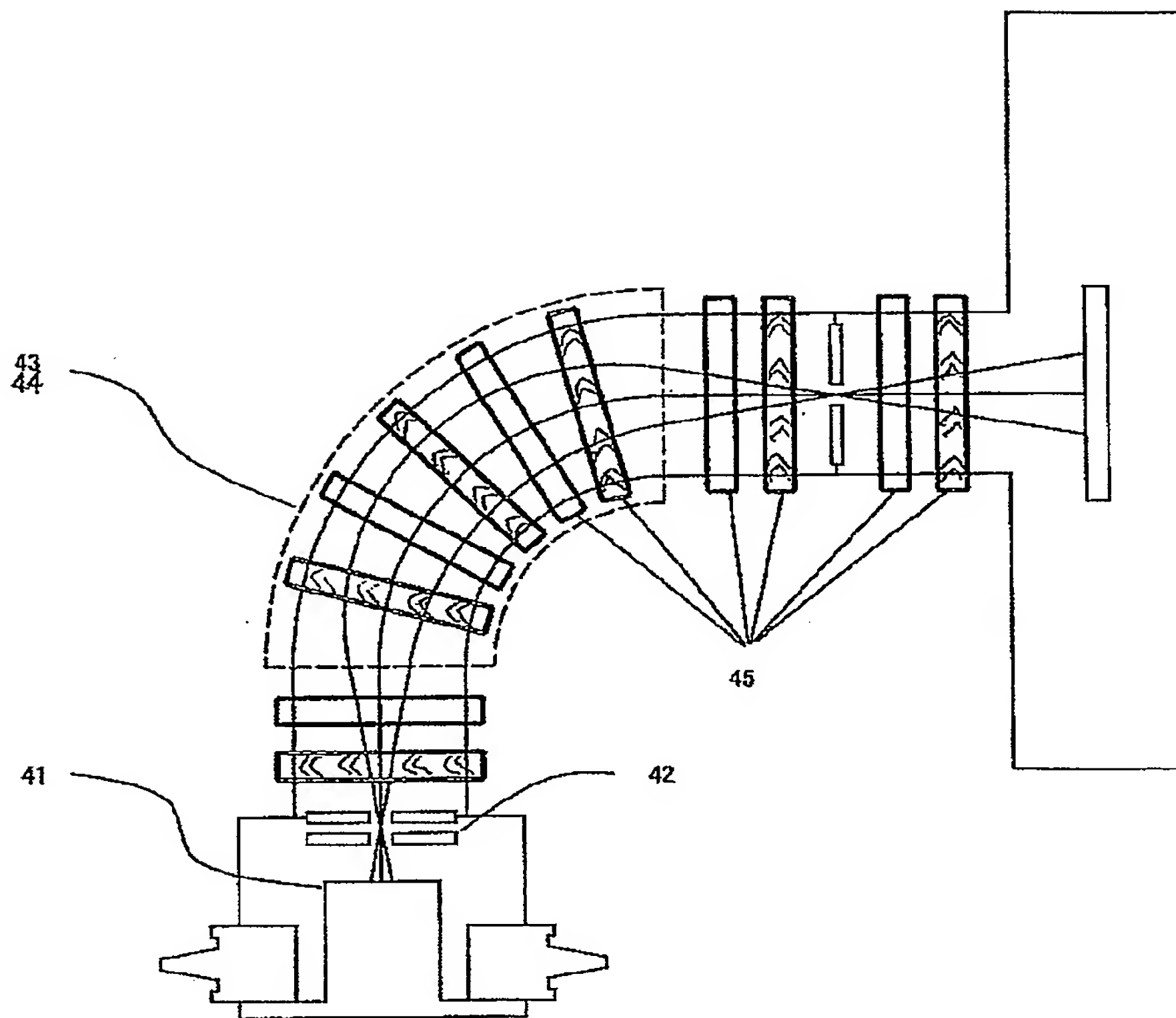


分析磁石の磁界と平行にイオンビームに沿ってビームラインを切った断面

41 イオンソース、42 引出電極、43 質量分析磁石の磁極、44 分析磁石の磁界、

45 カスプ磁界用磁石(カスプ磁石)、46 カスプ磁石の磁界

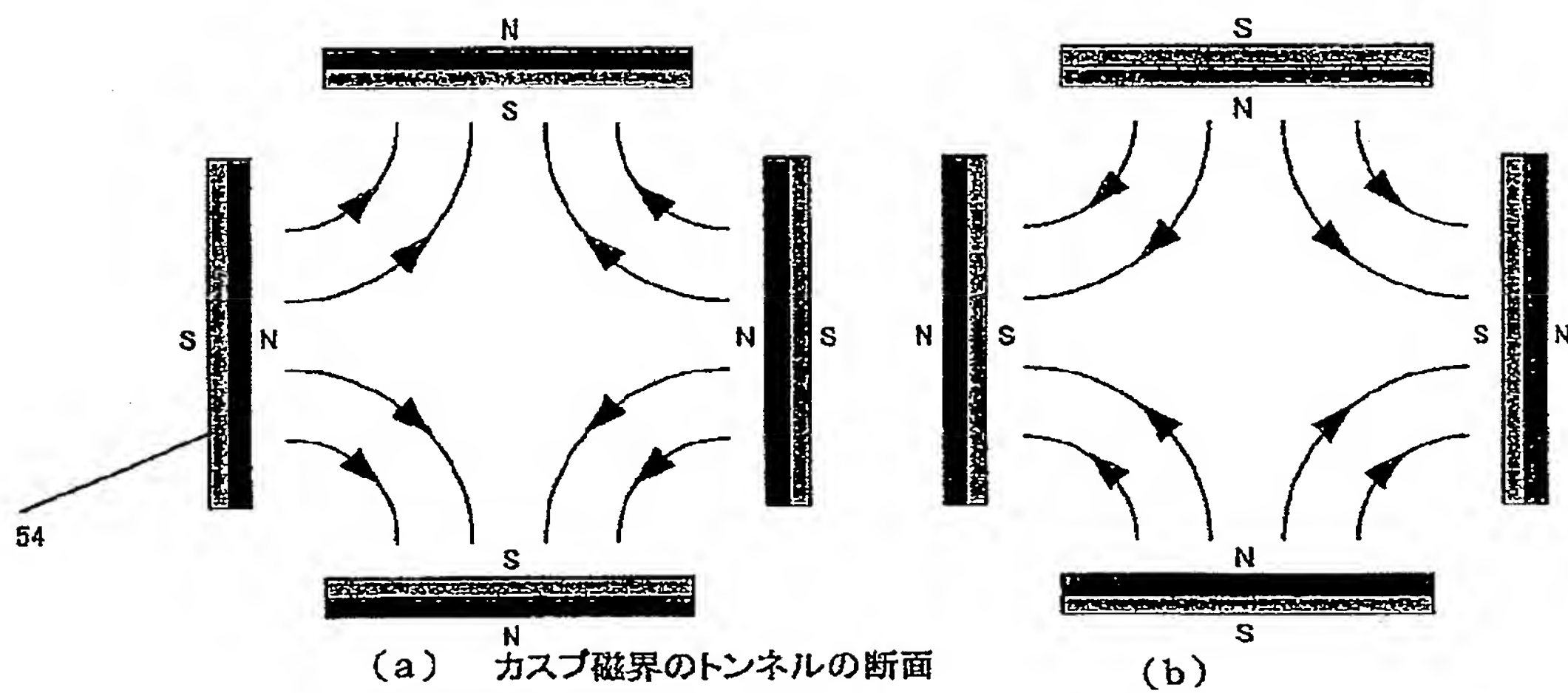
【図 6】



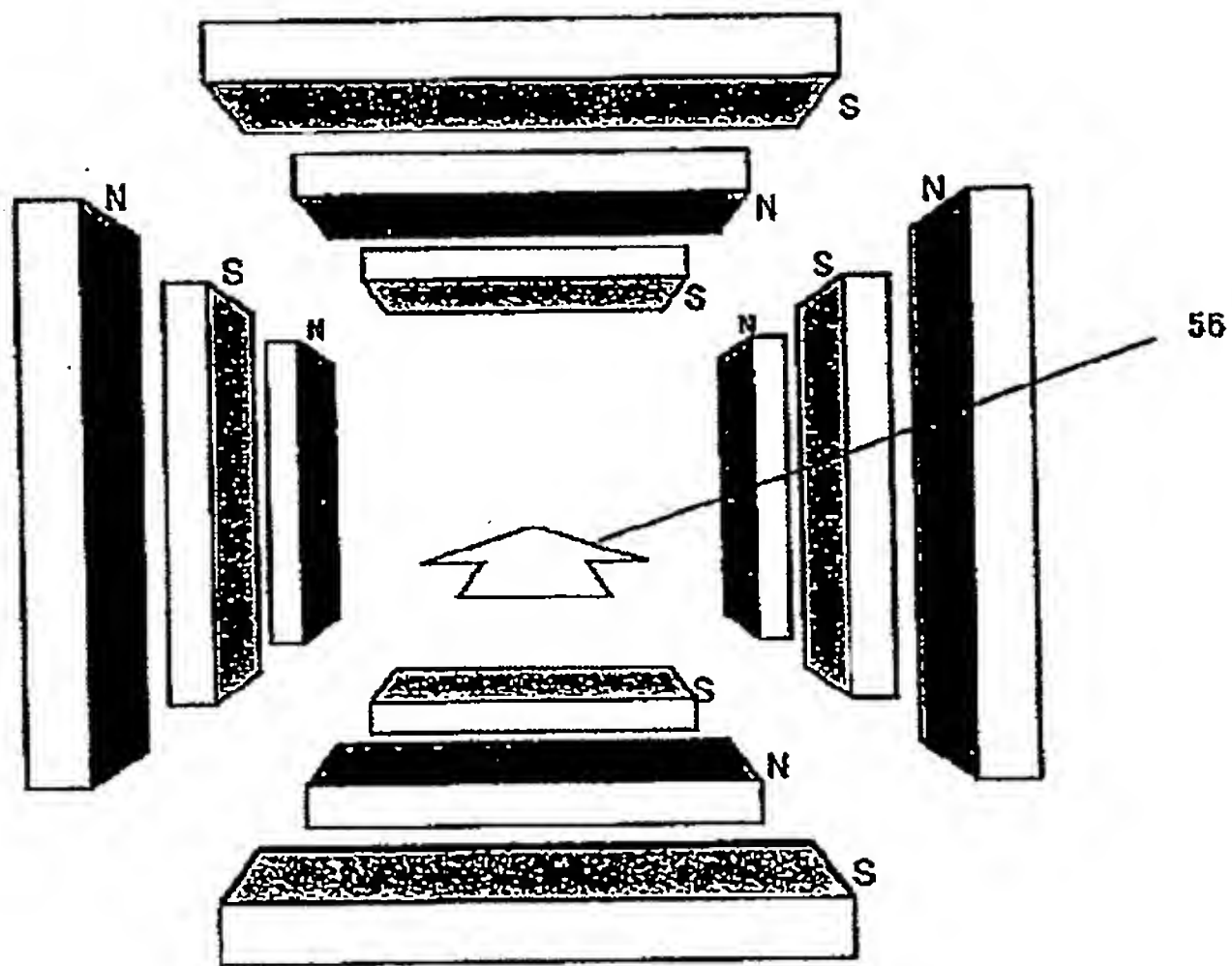
分析磁石の磁界と平行にイオンビームに沿ってビームラインを切った断面

41 イオンソース、42 引出電極、43 質量分析磁石の磁極、44 分析磁石の磁界の範囲
45 カスパ磁界用磁石(カスパ磁石)

【図 11】

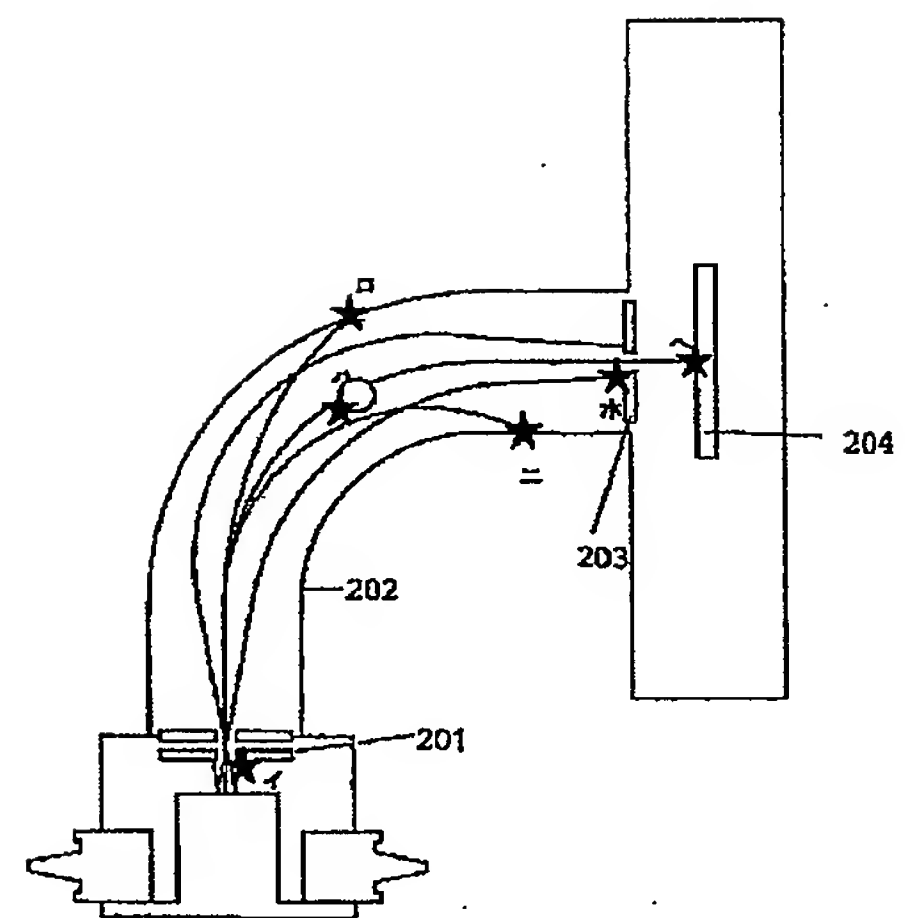


【図12】



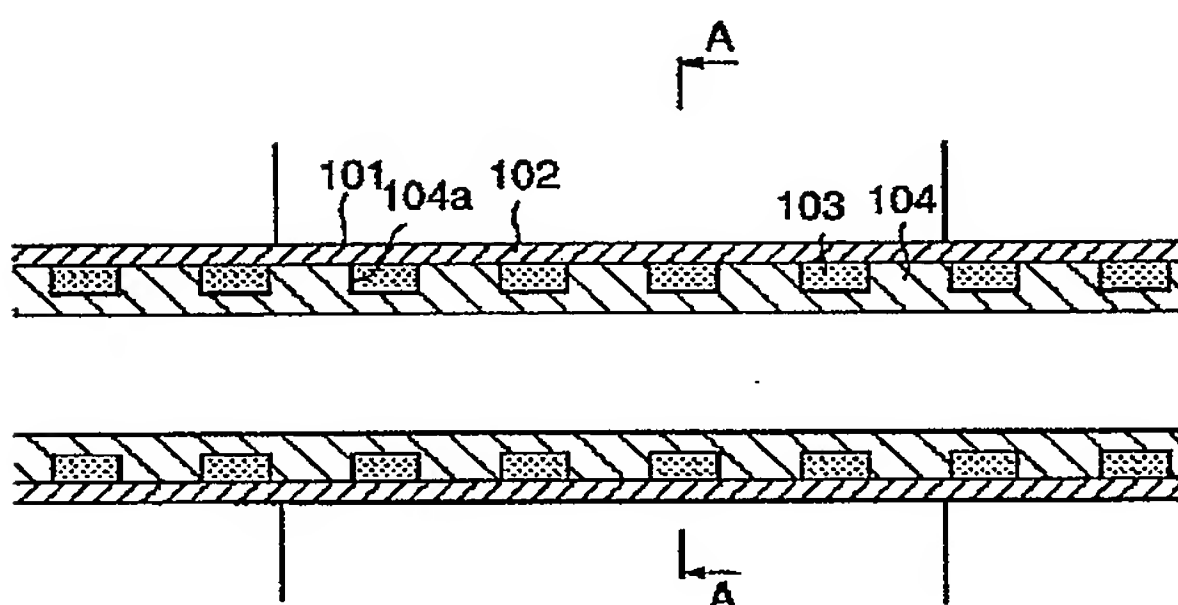
カスプ磁界のトンネルの磁石配置
56 イオンビームの方向、紙面に垂直手前から奥

【図14】

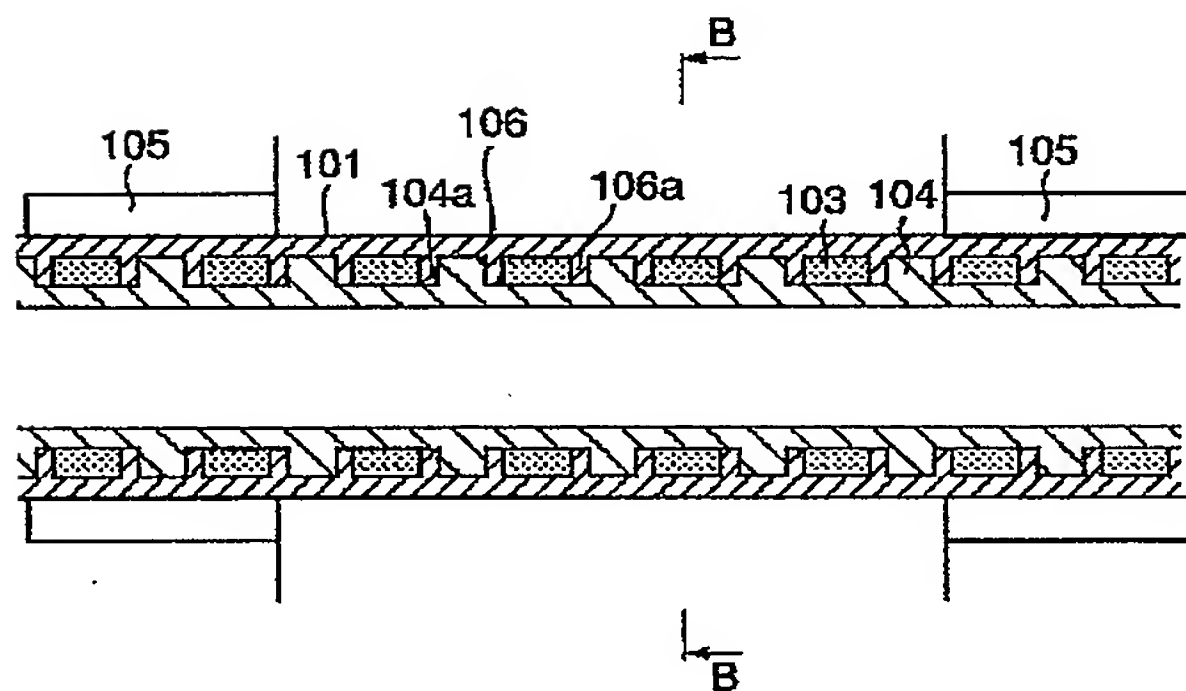


イオンビームによる2次電子の発生
1 引出電極との衝突、2 目的イオンより重たいイオンの真空容器壁との衝突、3 残留ガスとの衝突、4 目的イオンより軽いイオンと真空容器壁との衝突、5 分析スリットとの衝突、6 被照射物との衝突

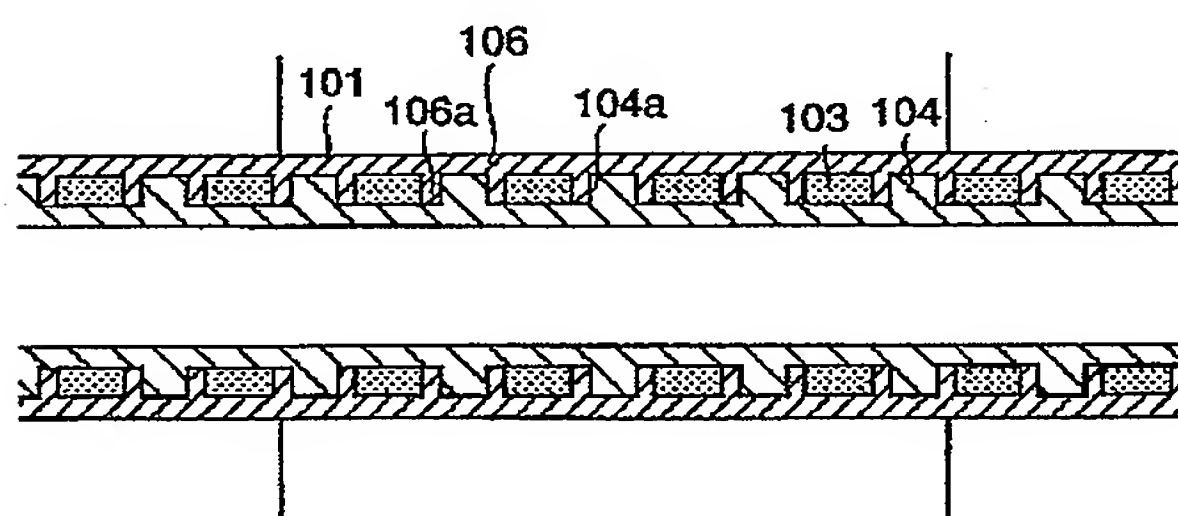
【図15】



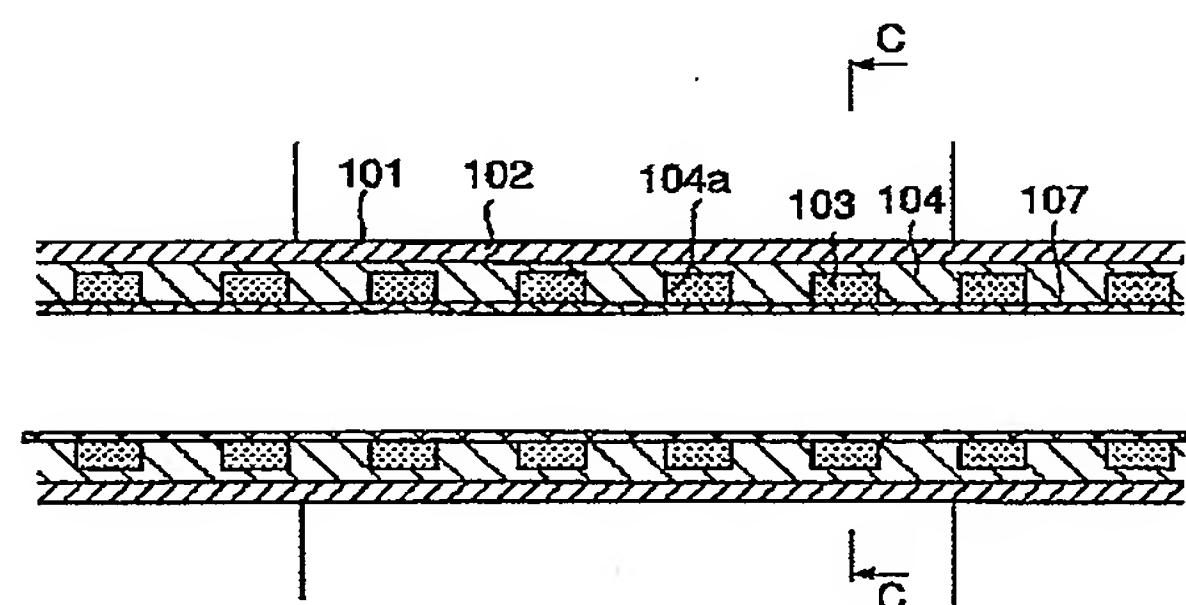
【図16】



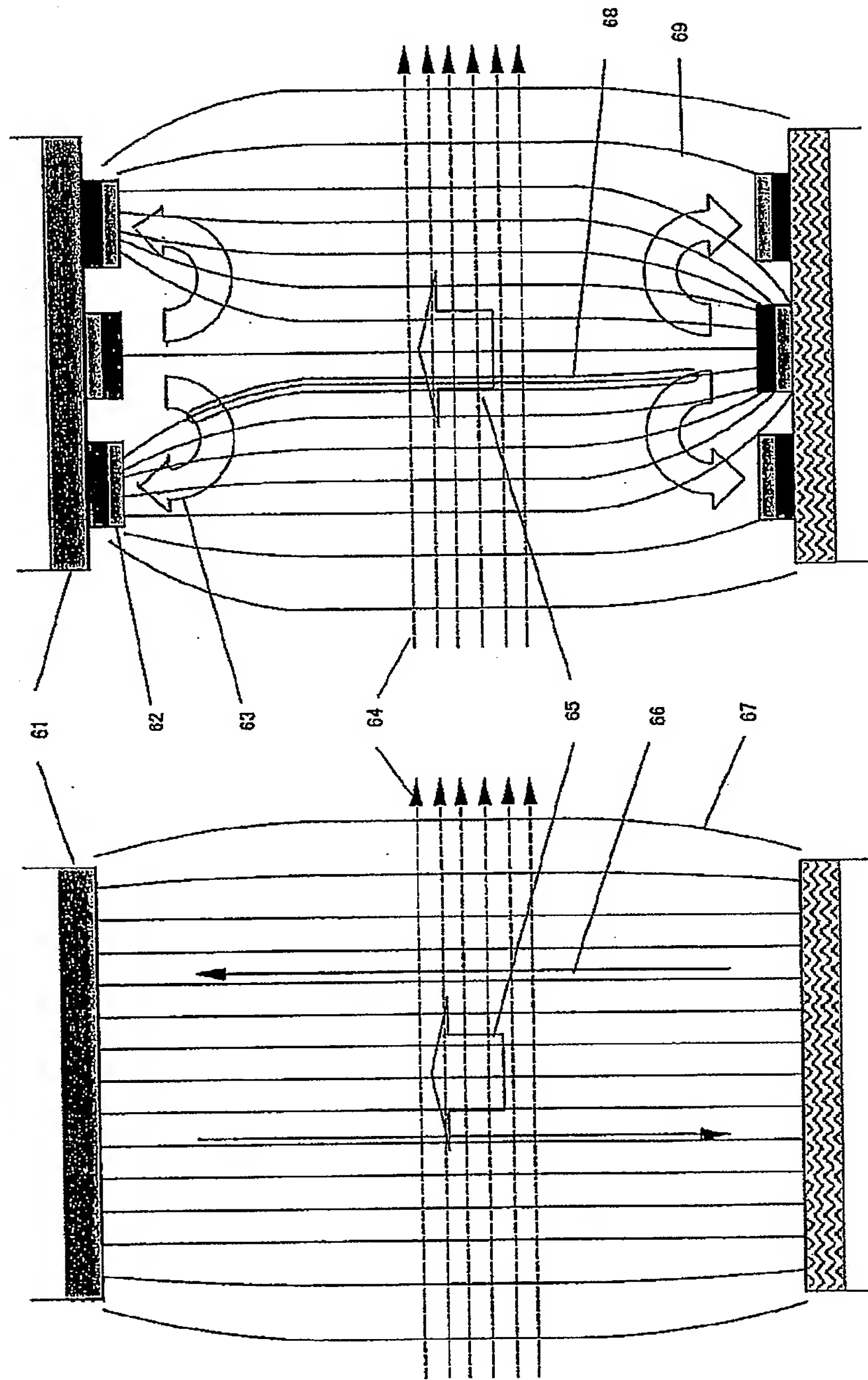
【図17】



【図18】



【図13】



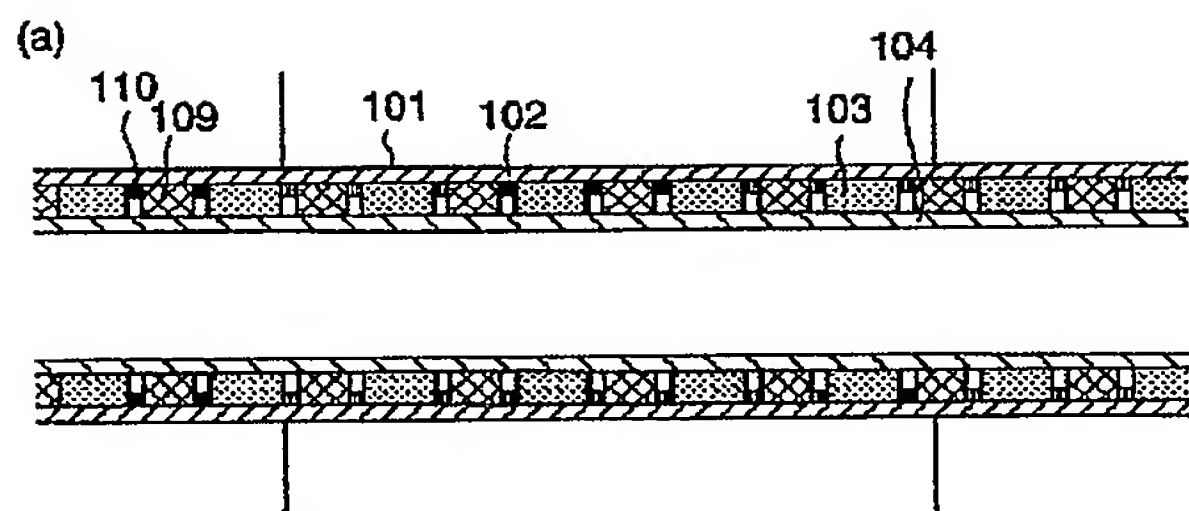
(a)

(b)

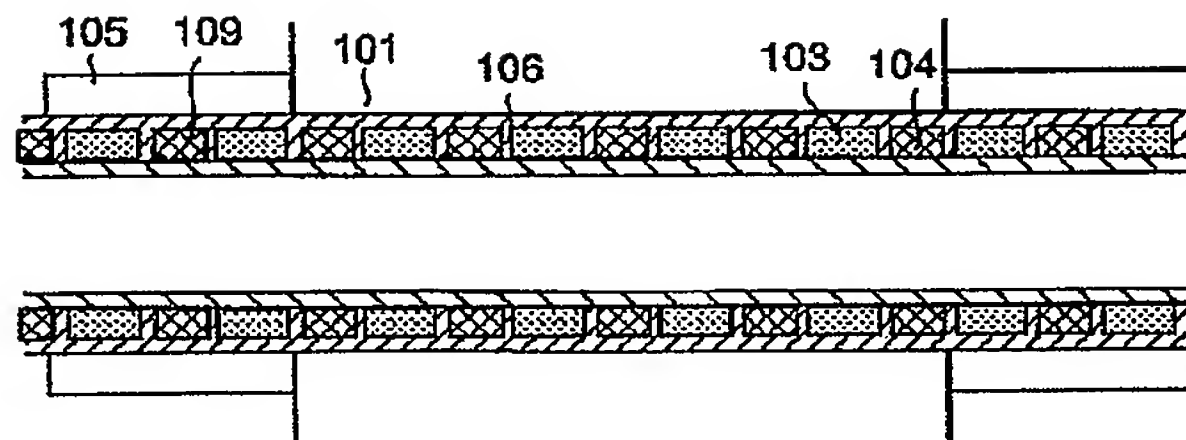
分析磁石の磁界と平行にイオンビームに沿ってビームラインを切った断面

61 分析磁石の磁極、62 カスプ磁石、63 カスプ磁界、64 イオンビーム軌道、65 分析磁石の磁界、66 電子の
 旋回中心の軌道、67 磁力線、68 電子の旋回中心の軌道、69 磁力線

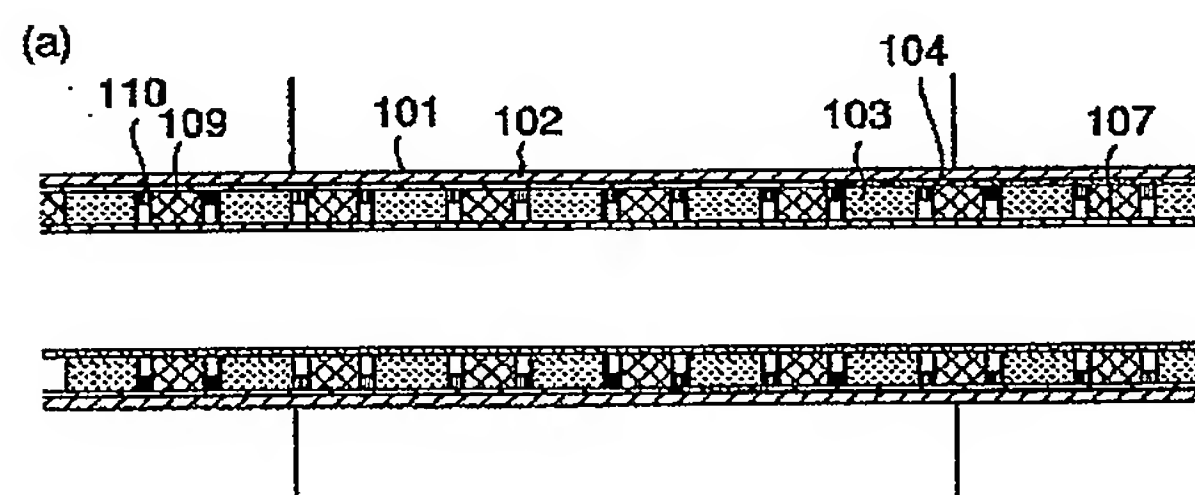
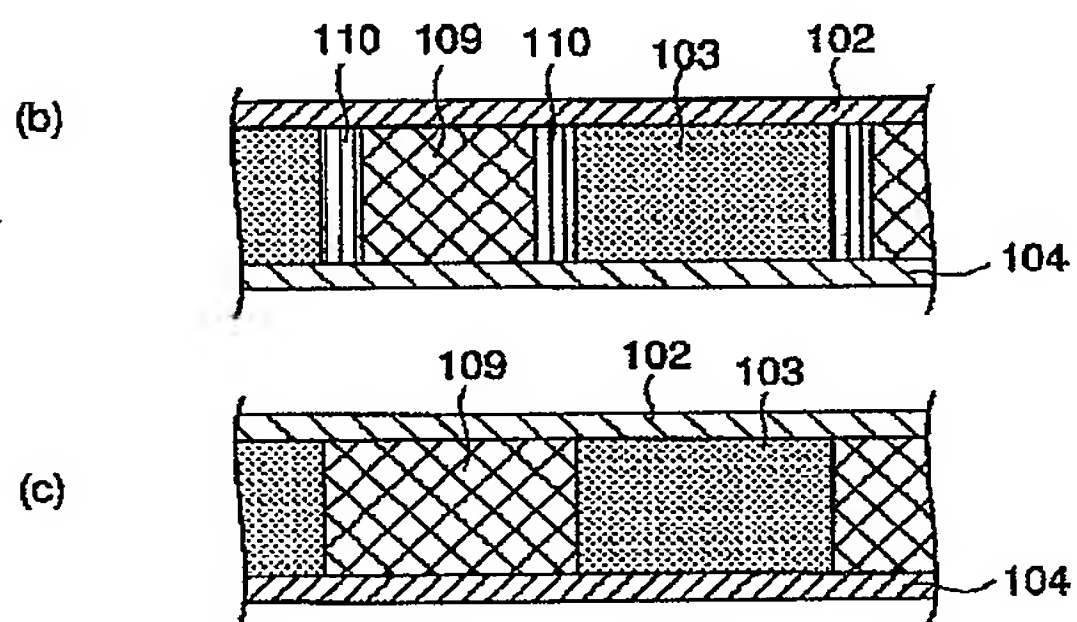
【図 19】



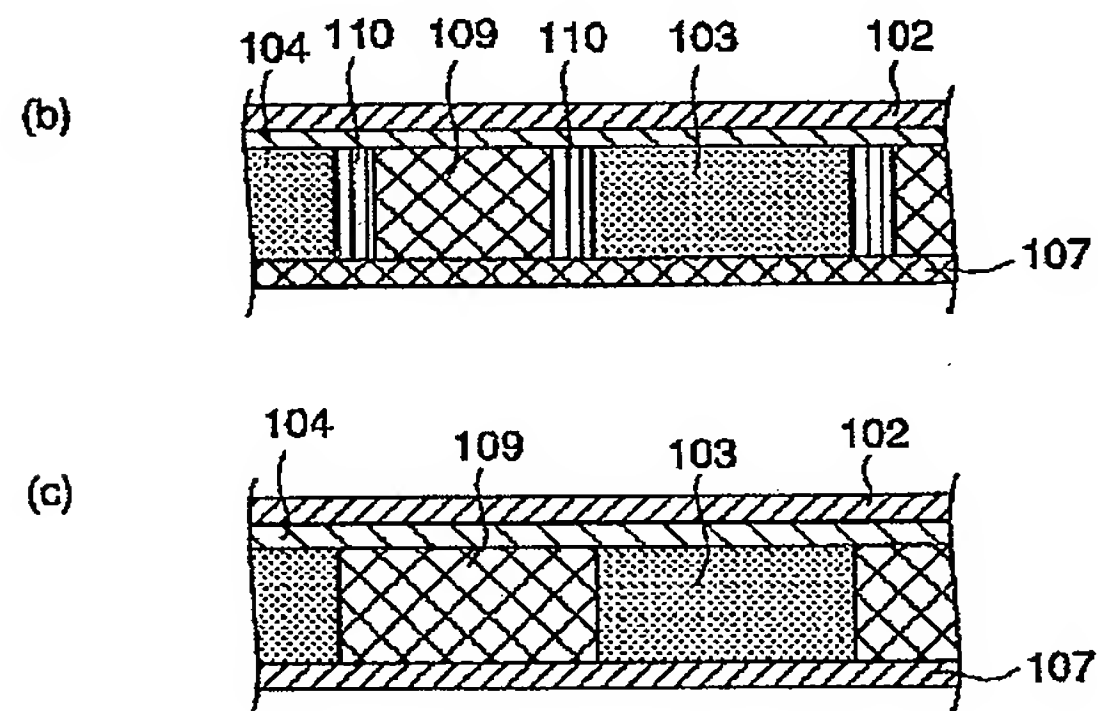
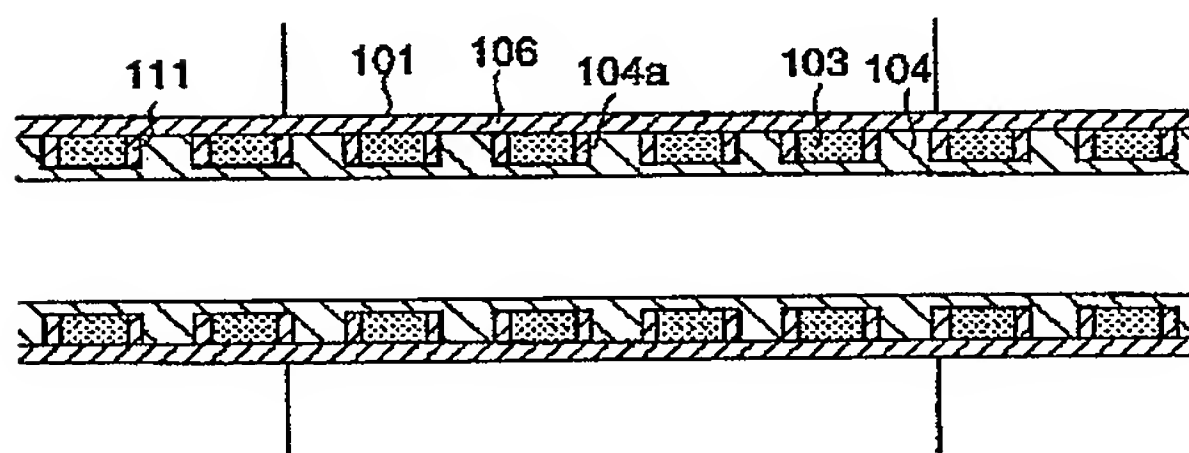
【図 20】



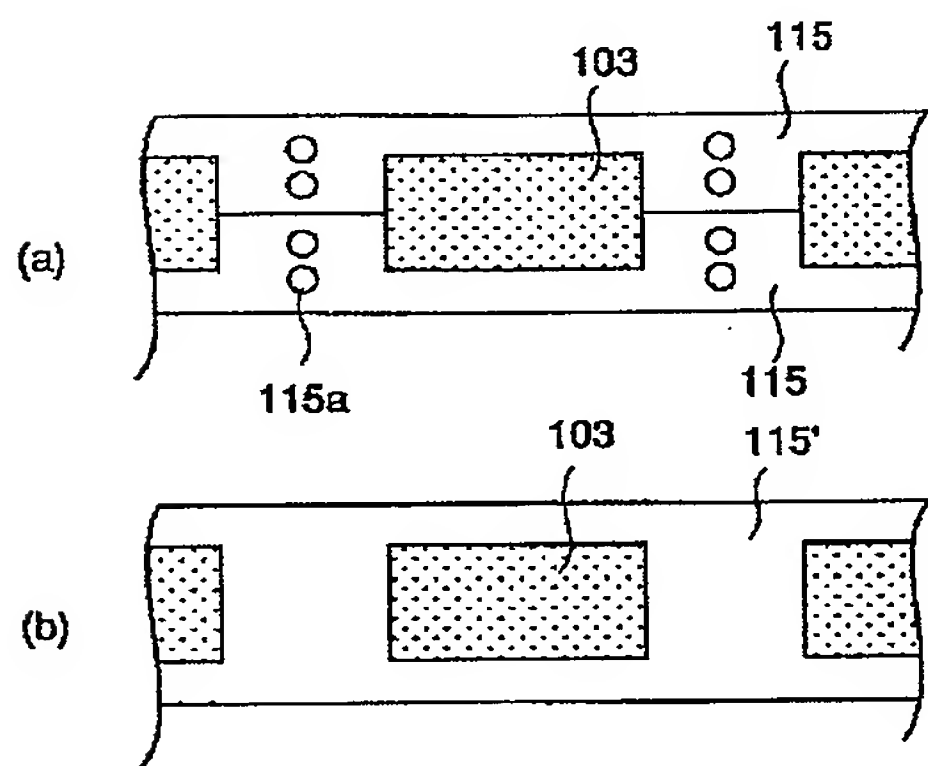
【図 22】



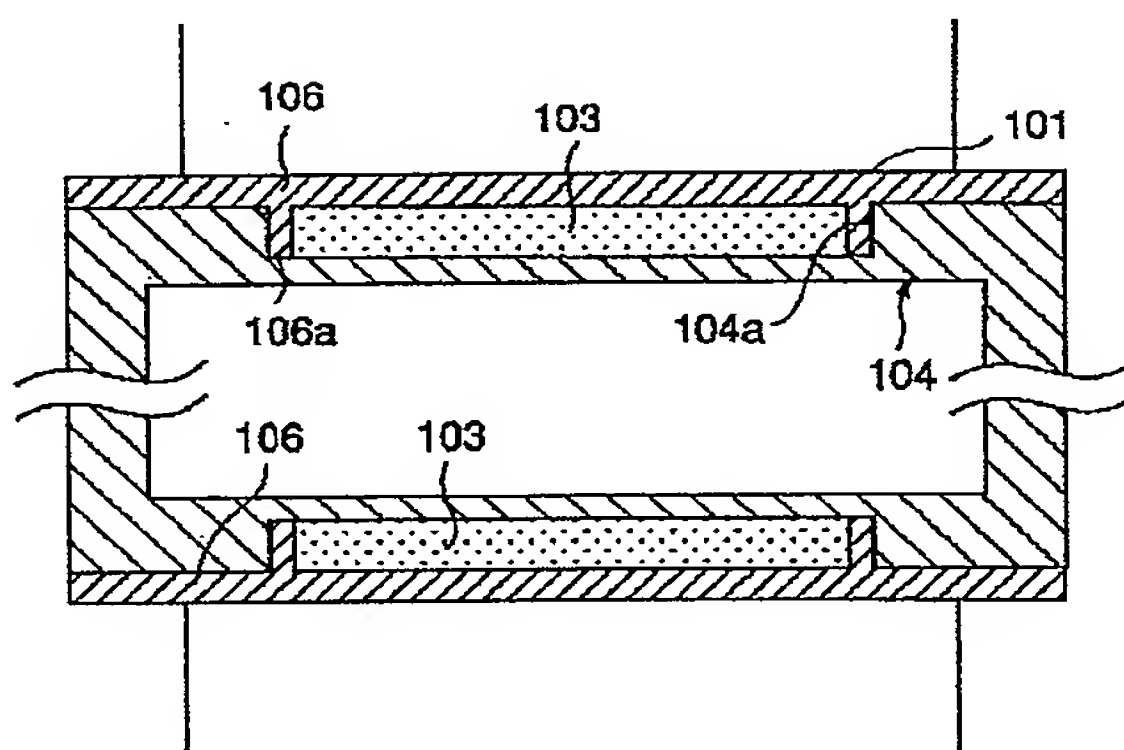
【図 21】



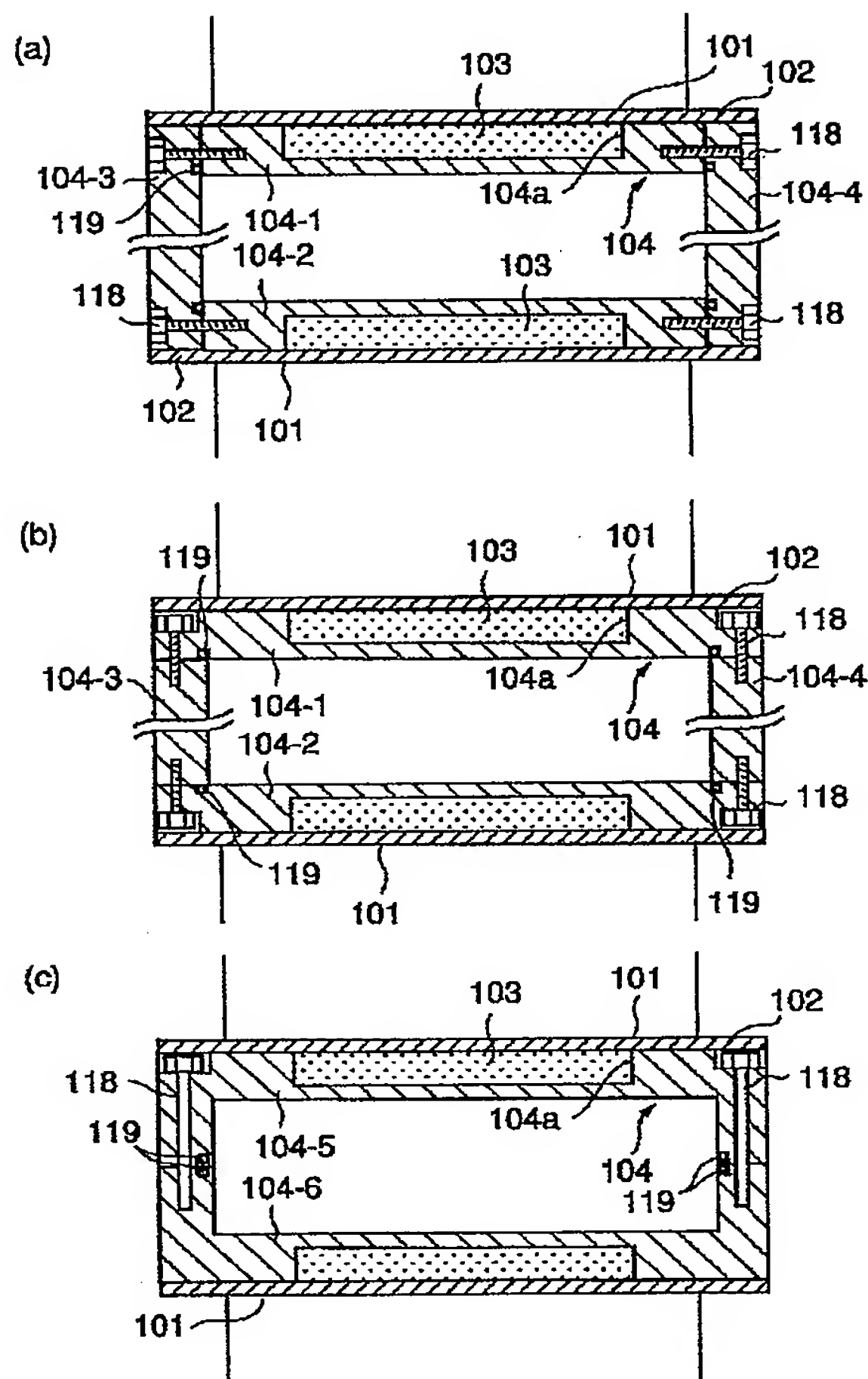
【図 23】



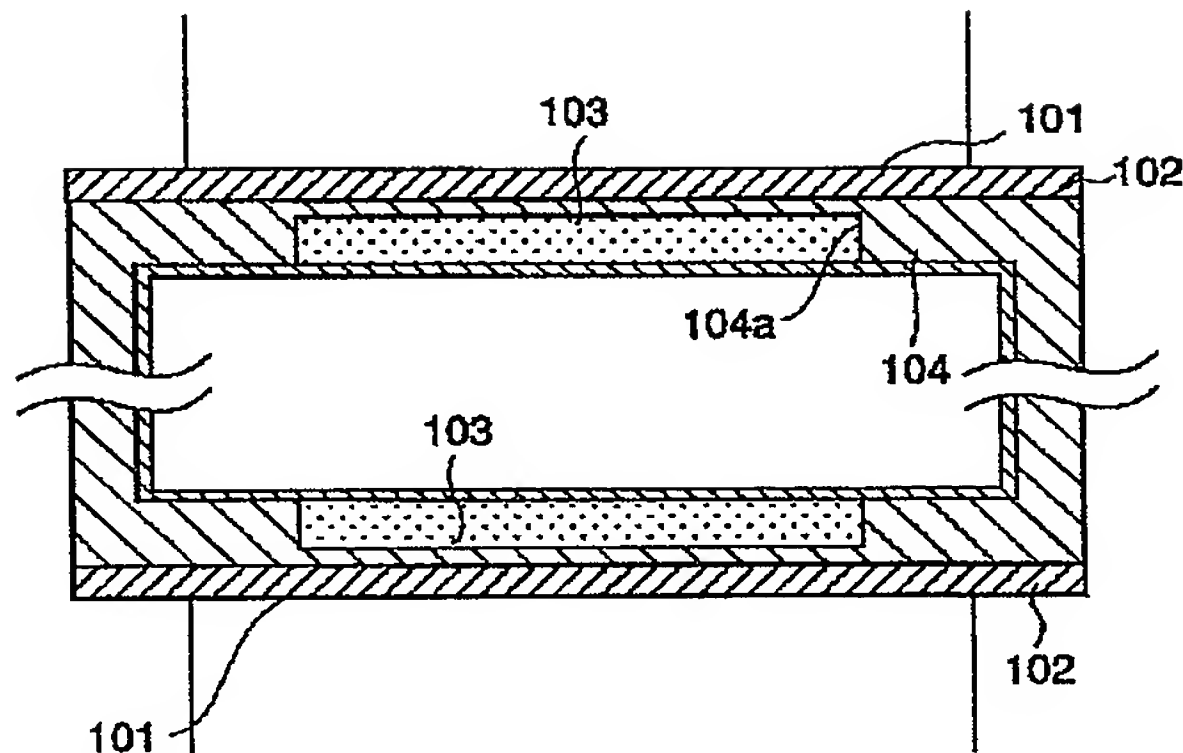
【図 25】



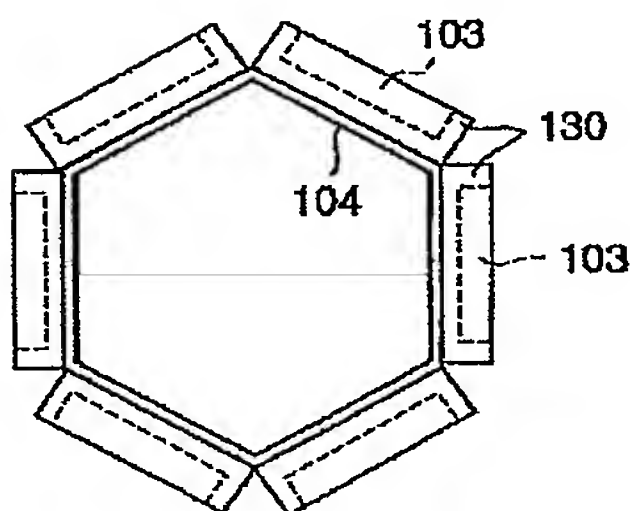
【図 24】



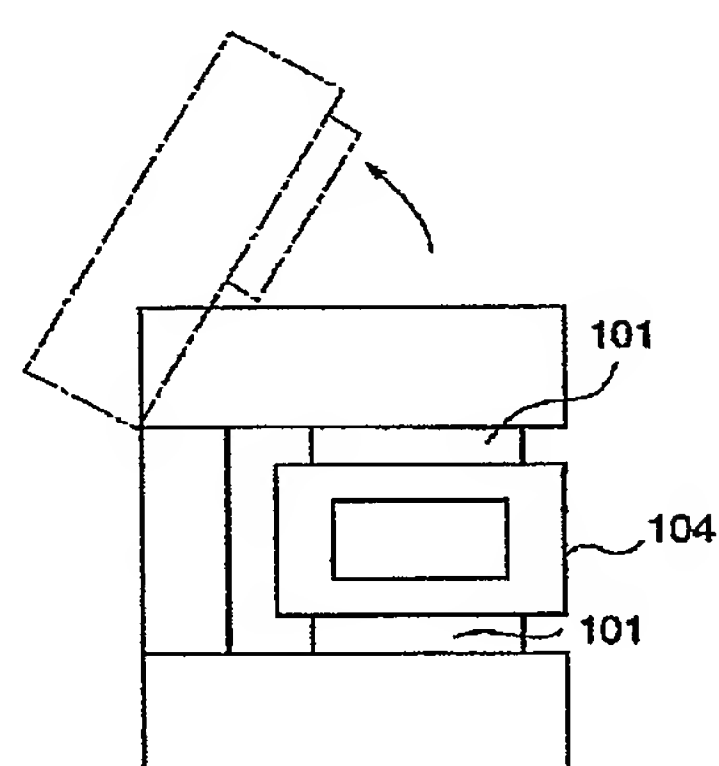
【図 26】



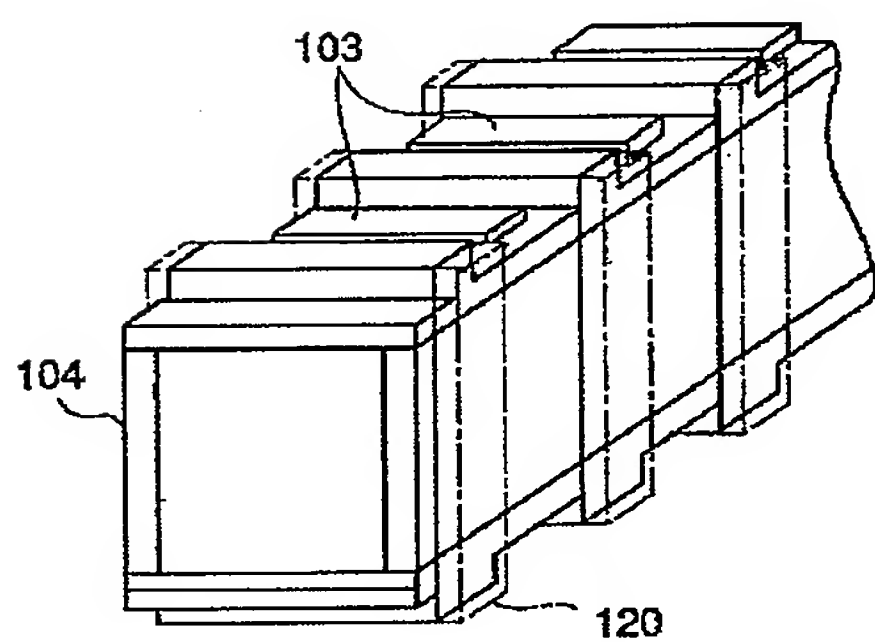
【図 29】



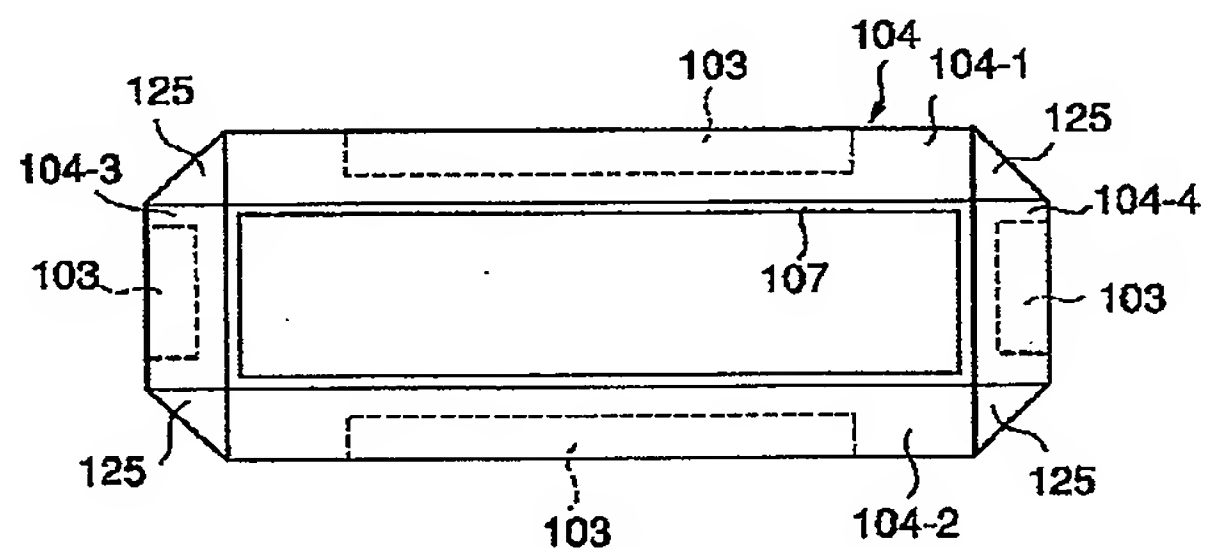
【図 31】



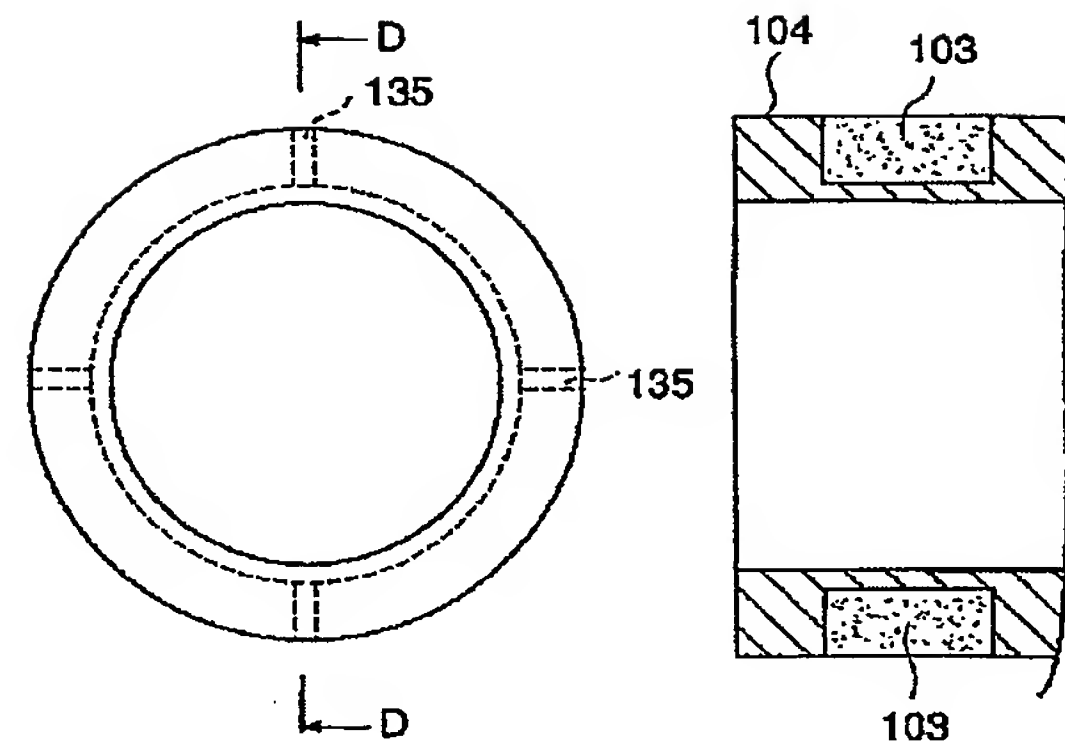
【図 27】



【図 28】



【図30】



(フロントページの続き

(72) 発明者 梶澤 光昭
愛媛県東予市今在家1501番地 住友イート
ンノバ株式会社愛媛事業所内

(72) 発明者 杉谷 道朗
愛媛県東予市今在家1501番地 住友イート
ンノバ株式会社愛媛事業所内

(72) 発明者 室岡 博樹
愛媛県東予市今在家1501番地 住友イート
ンノバ株式会社愛媛事業所内

(72) 発明者 松下 浩
愛媛県東予市今在家1501番地 住友イート
ンノバ株式会社愛媛事業所内

F ターム(参考) 4K029 CA10 DE03 DE04
5C034 CC01 CC02 CC17
5C038 HH07